

featured by



TOP-THEMEN:

- Das richtige Netzteil für PCs, Server und Workstations
- Netzteile für PCs & Server: Darauf müssen Sie achten!
- Grundlagen: Energiemanagement mit ACPI 3.0
- Strom sparen bei der Server-Hardware
- Server-Management: Cool on Demand

Das richtige Netzteil für PCs, Server und Workstations

› Von ATX über EPS bis SFX stehen dem Anwender eine Vielzahl von Netzteil-Standards zur Verfügung. Neben dem Formfaktor sind elektrische Leistung, Wirkungsgrad und Stecker entscheidende Auswahlkriterien. Wir erläutern die aktuellen Standards der Netzteile und geben Tipps, wie Sie das richtige Netzteil für jeden Einsatzzweck finden.

VON Bernhard Haluschak (03.04.2008)

Bei der Zusammenstellung eines Servers, PCs oder einer Workstation muss die Wahl des richtigen Netzteils gut überlegt sein. Schon im Vorfeld muss im Zusammenhang mit dem Gehäuse der Netzteil-Formfaktor festgelegt werden. Zusätzlich sollte die elektrische Leistung des Gesamtsystems inklusive möglicher Erweiterungen in das Kalkül einfließen. Auch die Energieeffizienz des Netzteils darf bei der Auswahl nicht außer Acht gelassen werden.





Qual der Wahl: Für jeden Rechnertyp halten die Netzteilspezifikationen die passende Energiequelle parat. Allerdings muss der Anwender selbst entscheiden, welcher Formfaktor für sein System besonders geeignet ist. (Quelle: I-Star)

EPS12V und ERP12V sind empfohlene Netzteilformate für Server und Workstation. Doch zusätzlich gibt es für diese Systeme auch die Formfaktoren EPS1U oder ERP2U, die besonders für Rack-Formate geeignet sind. Die entsprechenden Formfaktoren für Desktop-PCs heißen: ATX12V, LFX12V, SFX12V, CFX12V, TFX12V und Flex ATX. Sie unterscheiden sich in punkto Design, elektrischer Leistungsaufnahme und Ausstattung. Auch hier gilt: Wer die Wahl hat, hat die Qual.

Zu berücksichtigen ist auch, dass die Festlegung auf einen bestimmten Formfaktor samt übrigen Kriterien, wie elektrische Gesamtleistung oder Stecker, noch keine Garantie für das „richtige" Netzteil ist. Denn die Spezifikationen sind nur Empfehlungen und legen nur theoretisch fest, welche Eigenschaften für einen bestimmten Formfaktor gelten sollen.

Sonderformen von Gehäusen, die Anzahl der zur Verfügung stehenden Stecker sowie optionale Stecker bleiben den Herstellern überlassen. Zusätzlich können die Netzteilproduzenten auch die elektrische Gesamtleistung des Netzteils und die Verteilung auf die Zuleitungen selbst festlegen.

Auf welche technischen Eigenschaften Sie beim Kauf eines Netzteils achten müssen, darüber informiert Sie der Artikel Netzteile für PCs & Server: Darauf müssen Sie achten! (http://www.tecchannel.de/link.cfm?type=article&pk=431450) . Wenn Sie sich für die neuen Stromspar-Richtlinien interessieren, werden Sie im folgenden Artikel fündig: Energy Star 4.0: Neue Stromspar-Richtlinien für PCs und Notebooks (http://www.tecchannel.de/link.cfm?type=article&pk=%20481658) .

› Desktop-Netzteilformfaktoren im Überblick

Unter Federführung von Intel sind alle relevanten Formfaktoren rund um Desktop-PCs auf der formfactors.org-Webseite (http://www.formfactors.org/) zusammengefasst. Neben Mainboard- oder Netzteilspezifikationen stehen den Geräteentwicklern dort Richtlinien für Systemdesigns zur Verfügung. Der Name des Netzteilformfaktors beschreibt in erster Linie die mechanischen Abmessungen. Mit dem entsprechenden Formfaktor und dem damit verbundenen Einsatzgebiet sind dann die elektrischen

Parameter verknüpft.

Formfactors.org: Netzteilformfaktoren im Vergleich				
Formfaktor	**Aktuelle Version**	**Aktuelles Release-Datum**	**Einführung**	**Bezeichnung**
ATX12V	2.31	Februar 2008	Februar 2000	Advanced Technology Extended 12V-Connector
TFX12V	2.31	Februar 2008	April 2002	Thin Form Factor 12V-Connector
SFX12V	3.21	Februar 2008	Dezember 1997	Small Form Factor 12V-Connector
CFX12V	1.41	Februar 2008	November 2003	Compact Form Factor 12V-Connector
LFX12V	1.21	Februar 2008	April 2004	Low Profile Form Faktor 12V-Connector
Flex ATX	1.01	Februar 2008	März 2007	Flex Advanced Technology Extended

› Server und Workstation-Netzteilformfaktoren im Überblick

Ein weiteres Gremium für Netzteilstandards ist die Server System Infrastructure (http://ssiforum.oaktree.com/) (SSI). Sie besteht aus führenden Firmen der IT-Industrie, wie Intel, Dell, HP, IBM und Silicon Graphics. Der Schwerpunkt dieser Interessengemeinschaft liegt in der Standardisierung von Interfaces zwischen Komponenten wie Mainboards, Gehäusen und Spannungsversorgungen im Server- und Workstation-Umfeld.

SSI-Forum: Netzteilformfaktoren im Vergleich				
Formfaktor	**Aktuelle Version**	**Aktuelles Release-Datum**	**Einführung**	**Bezeichnung**
EPS12V	2.92	k. A.	1998	Entry-Level Power Supply 12V-Connector
EPS1U	2.93	k. A.	k. A.	Entry-Level Power Supply 1U-Rack
EPS2U	2.1	16.05.2003	k. A.	Entry-Level Power Supply 2U-Rack
ERP12V	1.51	k. A.	Juni 2003	Entry Redundant Power 12V-Connector
ERP2U	2.31	k. A.	April 2002	Entry Redundant Power 2U-Rack

Die ATX- und EPS-Spezifikationen sind für die Netzteilhersteller Richtlinien, aber keine Verpflichtungen.

Somit bieten sie genügend Spielraum für die unterschiedliche Konfiguration der Energielieferanten. Zum Beispiel können die Hersteller die Anzahl und die Art der Stecker sowie die maximale Leistung des Netzteils selbst bestimmen.

Eine zusätzliche Erschwernis für den Käufer sind die unterschiedlichen und nicht eindeutigen Bezeichnungen der Netzteile. So kann ein ATX12V-Netzteil zwar mit dem 2x2-poligen 12V-Stecker ausgestattet sein, aber nur über einen 2x10-poligen und nicht über einen 2x12-poligen Hauptstromstecker verfügen.

› Netzteilempfehlung für Consumer-Plattform 2007

Die notwendige Menge an elektrischer Energie und deren Verteilung sind abhängig von dem eingesetzten System und dessen Hardware-Optionen beziehungsweise -Erweiterungen. Der Leistungsbedarf eines Rechners hängt in erster Linie von seinen Komponenten wie Anzahl und Typ der Prozessoren, Menge des Speichers, Anzahl der Steckkarten-Slots und Peripherie-Anschlüsse sowie Unterstützung von verschiedenen Grafikeinheiten und anderen zusätzlichen Features. Die folgende Tabelle (Quelle: formfaktors.org (http://www.formfactors.org/)) gibt Netzteilempfehlungen für aktuelle Consumer-PC-Systeme:

Konfiguration einer Einsteiger EPC Plattform 2007				
Komponenten	**Einsteiger EPC-Konfiguration 1**	**Einsteiger EPC-Konfiguration 2**	**Einsteiger EPC-Konfiguration 3**	**Einsteiger EPC-Konfiguration 4**
Prozessor TDP	65 W	105 W	65 W	105 W
Chipsatz	Intel G35	Intel G35	Intel G35	Intel G35
Speicher	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte
Grafik	Integriert	Integriert	1 x PCI-Express x16-Grafikkarte (75 W)	1 x PCI-Express x16-Grafikkarte (75 W)
Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio
LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN
Steckkarten	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture
Festplatten	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA
Optische Laufwerke	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA
USB-Geräte	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power
Lüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter
Empfohlene Netzteile	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 270 W	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 270 W	SFX12V, TFX12V, CFX12V 300 W	ATX12V 350 W

Konfiguration einer Standard EPC Plattform 2007				
Komponenten	**Konfiguration 1**	**Konfiguration 2**	**Konfiguration 3**	**Konfiguration 4**
Prozessor TDP	65 W	95 W	65 W	95 W
Chipsatz	Intel G35	Intel G35	Intel G35	Intel G35
Speicher	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte
Grafik	Integriert	Integriert	1 x PCI-Express x16-Grafikkarte (75 W)	1 x PCI-Express x16-Grafikkarte (75 W)
Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio
LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN
Steckkarten	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture
Festplatten	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA
Optische Laufwerke	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA
USB-Geräte	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power
Lüfter	CPU-Lüfter	CPU-Lüfter	CPU-Lüfter	CPU-Lüfter
Empfohlene Netzteile	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 270 W	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 270 W	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V 300 W	ATX12V 350 W

Konfiguration einer erweiterten EPC- und einer Higend-Spiele-und Media-PC-Plattform 2007				
Komponenten	**Erweiterte EPC-Konfiguration 1**	**Erweiterte EPC-Konfiguration 2**	**Erweiterte EPC-Konfiguration 3**	**Higend-Spiele-und Media-PC-Konfiguration**
Prozessor TDP	65 W	105 W	95 W	130 W
Chipsatz	Intel X38	Intel X38	Intel X38	Intel X38
Speicher	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte	2 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 1 GByte	4 x DDR3 DIMMs, 1066 MHz, 4 GByte
Grafik	Integriert	Integriert	1 x PCI-Express x16-Grafikkarte (150 W)	1 x PCI-Express x16-Grafikkarte (300 W)
Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio

LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN
Steckkarten	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner/Capture
Festplatten	2 x SATA	2 x SATA	2 x SATA	4 x SATA
Optische Laufwerke	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA
USB-Geräte	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power
Lüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter
Empfohlene Netzteile	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 270 W	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 270 W	ATX12V 400 W	EPS12V1 # 600 W

Da die formfactors.org unter Federführung von Intel steht, ist es nicht verwunderlich das in der Übersicht nur entsprechende Intel-Plattformen vorkommen. Für eine Plattform mit AMD-Prozessoren müssen die TDP-Werte für die entsprechenden AMD-CPUs und die adäquaten Chipsätze verwendet werden.

› Netzteilempfehlung für Business-Plattform 2007

Die notwendige Menge an elektrischer Energie und deren Verteilung sind abhängig von dem eingesetzten System und dessen Hardware-Optionen beziehungsweise -Erweiterungen. Der Leistungsbedarf eines Rechners hängt in erster Linie von seinen Komponenten wie Anzahl und Typ der Prozessoren, Menge des Speichers, Anzahl der Steckkarten-Slots und Peripherie-Anschlüsse sowie Unterstützung von verschiedenen Grafikeinheiten und anderen zusätzlichen Features. Die folgende Tabelle (Quelle: formfaktors.org (http://www.formfactors.org/)) gibt Netzteilempfehlungen für aktuelle Business-PC-Systeme:

Konfiguration einer Einsteiger- und Standard-Business-Plattform 2007				
Komponenten	**Basis Konfiguration 1**	**Basis Konfiguration 2**	**Standard Konfiguration 1**	**Standard Konfiguration 2**
Prozessor TDP	65 W	95 W	65 W	95 W
Chipsatz	Intel 946GZ	Intel 946GZ	Intel Q33	Intel Q33
Speicher	1 x DDR2 DIMM, 667 MHz, 512 MByte	1 x DDR2 DIMM, 667 MHz, 512 MByte	2 x DDR2 DIMM, 800 MHz, 1 GByte	2 x DDR2 DIMM, 800 MHz, 1 GByte
Grafik	Integriert	Integriert	Integriert	Integriert
Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio
LAN	10/100M LAN	10/100M LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN
Steckkarten	keine	keine	keine	keine
Festplatten	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA

Optische Laufwerke	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA
USB-Geräte	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power
Lüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter	CPU-Lüfter und Gehäuselüfter
Empfohlene Netzteile	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 180 W	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 220 W	SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 180 W	SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 220 W

Konfiguration einer Erweiterten-Business- und Top-Business-Plattform 2007					
Komponenten	**Erweiterte Business Konfiguration 1**	**Erweiterte Business Konfiguration 2**	**Top Business Konfiguration 1**	**Top Business Konfiguration 2**	**Top Business Konfiguration 3**
Prozessor TDP	65 W	95 W	65 W	95 W	105 W
Chipsatz	Intel Q35	Intel Q35	Intel Q38	Intel Q38	Intel Q38
Speicher	2 x DDR2 DIMM, 800 MHz, 1 GByte	2 x DDR2 DIMM, 800 MHz, 1 GByte	4 x DDR3 DIMM, 1066 MHz, 2 GByte	4 x DDR3 DIMM, 1066 MHz, 2 GByte	4 x DDR3 DIMM, 1066 MHz, 2 GByte
Grafik	Integriert	Integriert	Integriert	Integriert	Integriert
Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio
LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN	Intel 82566 Gigabit LAN
Steckkarten	Wireless LAN	Wireless LAN	Wireless LAN, Media Expansion	Wireless LAN, Media Expansion	Wireless LAN, Media Expansion
Festplatten	1 x SATA	1 x SATA	2 x SATA	2 x SATA	2 x SATA
Optische Laufwerke	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA	1 x SATA
USB-Geräte	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power	2 x High Power, 10 x Low Power
Lüfter	CPU-Lüfter	CPU-Lüfter	CPU-Lüfter	CPU-Lüfter	CPU-Lüfter
Empfohlene Netzteile	LFX12V, Flex ATX 180 W	LFX12V, Flex ATX 220 W	LFX12V, Flex ATX 180 W	LFX12V, Flex ATX 220 W	LFX12V, Flex ATX 270 W

Da die formfactors.org unter Federführung von Intel steht, ist es nicht verwunderlich das in der Übersicht nur entsprechende Intel-Plattformen vorkommen. Für eine Plattform mit AMD-Prozessoren müssen die TDP-Werte für die entsprechenden AMD-CPUs und die adäquaten Chipsätze verwendet werden.

› Netzteilempfehlungen für PCs 2008

Die notwendige Menge an elektrischer Energie und deren Verteilung sind abhängig von dem eingesetzten System und dessen Hardware-Optionen beziehungsweise -Erweiterungen. Der Leistungsbedarf eines Rechners hängt in erster Linie ab von seinen Komponenten wie Anzahl und Typ der Prozessoren, Menge des Speichers, Anzahl der Steckkarten-Slots und Peripherie-Anschlüsse sowie Unterstützung von verschiedenen Grafikeinheiten und anderen zusätzlichen Features. Die folgende Tabelle (Quelle: formfaktors.org (http://www.formfactors.org/)) gibt Netzteilempfehlungen für zukünftige Consumer- und Business-PC-Systeme:

Konfiguration einer Business-Plattform 2008		
Komponenten	**Konfiguration 1**	**Konfiguration 2**
Prozessor TDP	95 W	65 W
Chipsatz	Eaglelake-Q/ICH10DO	Eaglelake-Q/ICH10DO
Speicher	DDR2, 4 GByte oder DDR3, 4 GByte	DDR2, 2-4 GByte oder DDR3, 4 GByte
Grafik	Integriert	Integriert
Audio	Intel High Definition Audio	Intel High Definition Audio
LAN	Intel 82567 Gigabit LAN	Intel 82567 Gigabit LAN
Steckkarten	keine	keine
Festplatten	2 x SATA	2 x SATA
optische Laufwerke	1 x SATA	1 x SATA
USB-Geräte	3 x High Power, 7 x Low Power	3 x High Power, 7 x Low Power
Lüfter	ATX-Lüfter und Gehäuselüfter	ATX-Lüfter und Gehäuselüfter
Empfohlene Netzteile	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 220 Watt	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 180 Watt

Konfiguration einer Consumer-Plattform 2008				
Komponenten	**Konfiguration 1**	**Konfiguration 2**	**Konfiguration 3**	**Konfiguration 4**
Prozessor TDP	130 W	95 W	65 W	65 W
Chipsatz	Tylersburg/ICH9	Eaglelake-P/ICH10	Eaglelake-P/ICH10	Eaglelake-G/ICH10
Speicher	DDR3, 6 DIMMs, bis zu 24 GByte	DDR3, 4 GByte	DDR2, 2 GByte	DDR2, 2 GByte

Grafik	2x 300 W Grafikkartet	75 W	50 W	Integriert
Audio	Intel High Definition Audio 7.1	Intel High Definition Audio 7.1	Intel High Definition Audio 7.1	Intel High Definition Audio 7.1
LAN	Intel 82567 Gigabit LAN	Intel 82567 Gigabit LAN	Intel 82567 Gigabit LAN	Intel 82567 Gigabit LAN
Steckkarten	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner	Wireless LAN, IEEE 1394, TV-Tuner
Festplatten	2 x SATA	2 x SATA	2 x SATA	2 x SATA
Optische Laufwerke	1 x SATA-Blu-ray	1 x SATA-Blu-ray	1 x SATA-Blu-ray	1 x SATA-Blu-ray
USB-Geräte	4 x High Power, 8 x Low Power	3 x High Power, 7 x Low Power	3 x High Power, 7 x Low Power	3 x High Power, 7 x Low Power
Lüfter	ATX-Lüfter und Gehäuselüfter	ATX-Lüfter und Gehäuselüfter	ATX-Lüfter und Gehäuselüfter	ATX-Lüfter und Gehäuselüfter
Empfohlene Netzteile	EPS12V1 # 850 W	ATX12V 350 W	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 220 W	ATX12V, SFX12V, TFX12V, CFX12V, LFX12V, Flex ATX 220 W

Da die formfactors.org unter Federführung von Intel steht, ist es nicht verwunderlich das in der Übersicht nur entsprechende Intel-Plattformen vorkommen. Für eine Plattform mit AMD-Prozessoren müssen die TDP-Werte für die entsprechenden AMD-CPUs und die adäquaten Chipsätze verwendet werden.

› ATX12V-Netzteile

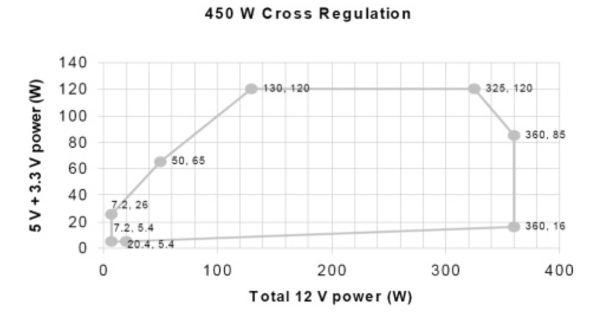
Der bekannteste Netzteilformfaktor ist ATX12V-Standard, der aktuell in der Version 2.31 vorliegt. ATX steht für Advanced-Technology-Extended und ist für Standard-Desktop- und Tower-PCs vorgesehen.

Die neuesten ATX12V-Spezifikationen definieren Netzteile mit Leistungsaufnahmen von 180 W, 220 W, 270W, 300 W, 350 W, 400 W und 450 W. Diese Vorgaben sind aber nur Empfehlungen für die Netzteilentwickler. So kann jeder Hersteller je nach Marktlage Netzteile mit höherer Leistung entwickeln, als es die Spezifikationen vorschreiben. Somit repräsentieren sie nur Richtlinien und keine zwingenden Vorschriften.



ATX12V-Energieversorgung: Das Advanced-Technology-Extended-Netzteil ist im Großteil der aktuellen Standard-Desktop-Rechner vorzufinden. (Quelle: Enermax)

Herkömmliche Netzteile für Server, Workstation oder Desktop-Rechner stellen die drei Hauptspannungen 12, 5 und 3,3 Volt zur Verfügung. Darüber hinaus besitzen sie noch weitere Hilfsspannungen wie -5, -12- und 5-Volt-Stand-by. Um den Schaltungsaufwand so gering wie möglich zu halten, ist der +3,3-Volt- und der +5-Volt-Spannungsregelkreis bei den meisten handelsüblichen Netzteilen miteinander gekoppelt und somit voneinander abhängig (Combined Power). Das nachfolgende Diagramm und die Tabelle zeigen die Leistungs- und die Stromverteilung am Beispiel eines 450 Watt ATX12V-Netzteils:



Eckdaten eines 450-W-ATX12V-Netzteils: Das Cross-Loading-Diagramm legt die maximale Leistungsabgabe der einzelnen beziehungsweise der kombinierten Stromleitungen fest. (Quelle: formfactors.org)

Daraus folgt: Wenn die Ausgangslast auf einem Spannungszweig erhöht wird, verringert sich gleichzeitig die maximale Ausgangslast auf der anderen Leitung. Aus diesem Grund sollte der Käufer eines Netzteils genau prüfen, ob das Netzteil über „Combined Power“ verfügt und wie der Hersteller Leistungsangaben auf die einzelnen Zweige aufteilt. So ist zu beachten, dass die maximale Gesamtleistung der beiden Spannungszweige 3,3 Volt und 5 Volt bei Combined Power deutlich geringer ist als die Einzelsummen der Leitungen.

Strombereich von ATX-Netzteilen 450 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1)	0,1	17	-

12 V (2)	0,5	16	19
5 V	0,2	15	-
3,3 V	0,1	24	-
-12 V	0	0,3	-
5 V SB	0	2,5	3,5

Die ATX-Spezifikation Version 2.31 empfiehlt für ein 450-Watt-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Dabei muss der Entwickler darauf achten, dass die zwei 12-V-Zuleitungen separat mit einer Strombegrenzung abgesichert sind. Zusätzlich darf die Combined-Power der 3,3-V- und 5-V-Leitung nicht größer als 120 W betragen. Darüber hinaus dürfen die Peak-Ströme in der 5-V-SB-Leitung nicht länger als 17 Sekunden je Minute genutzt werden.

› CFX12V-Netzteile

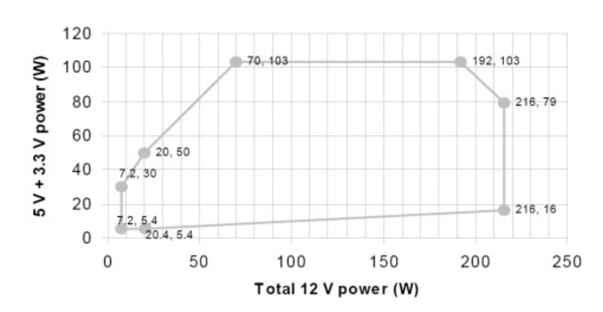
Der Compact Form Factor CFX12V wurde speziell für kleine Desktop-Rechner mit komplizierten Platzverhältnissen konzipiert. Die Spezifikation sind aktuell in der Version 1.41 veröffentlicht worden.

Die CFX12V-Spezifikationen definieren Netzteile mit Leistungsaufnahmen von 180 W, 220 W, 270W und 300 W.



CFX12V-Energieversorgung: Das Compact-Form-Factor-Netzteil wird vorwiegend in Desktop-PCs mit komplexen Platzverhältnissen verbaut. (Quelle: FSP-Group)

Das nachfolgende Diagramm und die Tabelle zeigen die Leistungsverteilung und die Stromverteilung am Beispiel eines 300 Watt CFX12V-Netzteils:



Eckdaten eines 300-W-CFX12V-Netzteils: Das Cross-Loading-Diagramm legt die maximale Leistungsabgabe der einzelnen beziehungsweise der kombinierten Stromleitungen fest. (Quelle: formfactors.org)

Wer über die Aufteilung der maximal möglichen Ströme in den einzelnen Zuleitungen eines CFX12V-Netzteils genau bescheid wissen muss, darf die folgende Tabelle nicht ignorieren. Sie definiert die minimalen, maximalen und die Peak-Ströme der Netzteilzuleitungen.

Strombereich von CFX-Netzteilen 300 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1)	0,1	11	-
12 V (2)	0,5	8	13
5 V	0,2	15	-
3,3 V	0,1	21	-
-12 V	0	0,3	-
5 V SB	0	2,0	2,5

Die CFX-Spezifikation Version 1.41 empfiehlt für ein 300-Watt-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Dabei muss der Entwickler darauf achten, dass die zwei 12-V-Zuleitungen separat mit einer Strombegrenzung abgesichert sind. Zusätzlich darf die Combined-Power der 3,3-V- und 5-V-Leitung nicht mehr als 103 W betragen. Darüber hinaus dürfen die Peak-Ströme in der 5-V-SB-Leitung nicht länger als 17 Sekunden je Minute genutzt werden.

› TFX12V-Netzteile

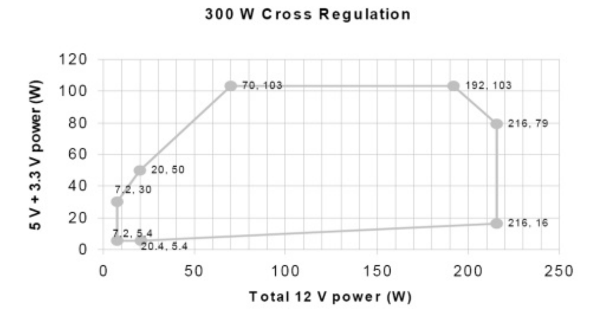
Der Thin Form Factor TFX12V kommt überwiegend in Desktop-Rechnern zum Einsatz, in denen relativ schmale und lange Netzteile bauliche Vorteile bringen. Die TFX12V-Spezifikationen liegen aktuell in der Version 2.31 vor.

Die TFX12V-Spezifikationen definieren Netzteile mit Leistungsaufnahmen von 180 W, 220 W, 270W und 300 W.



TFX12V-Energieversorgung: Der Thin-Form-Factor-Stromlieferant bevorzugt Desktop-Rechner mit langen schmalen Montageabmessungen. (Quelle: FSP-Group)

Das nachfolgende Diagramm und die Tabelle zeigen die Leistungsverteilung und die Stromverteilung am Beispiel eines 300 Watt TFX12V-Netzteils:



Eckdaten eines 300-W-TFX12V-Netzteils: Das Cross-Loading-Diagramm legt die maximale Leistungsabgabe der einzelnen beziehungsweise der kombinierten Stromleitungen fest. (Quelle: formfactors.org)

Wer über die Aufteilung der maximal möglichen Ströme in den einzelnen Zuleitungen eines TFX12V-Netzteils genau Bescheid wissen muss, darf die folgende Tabelle nicht ignorieren. Sie definiert die minimalen, maximalen und die Peak-Ströme der Netzteilzuleitungen.

Strombereich von TFX-Netzteilen 300 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1)	0,1	11	-
12 V (2)	0,5	8	13
5 V	0,2	15	-
3,3 V	0,1	21	-
-12 V	0	0,3	-
5 V SB	0	2,0	2,5

DieTFX-Spezifikation Version 2.31 empfiehlt für ein 300-Watt-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Dabei muss der Entwickler darauf achten, dass die zwei 12-V-Zuleitungen separat mit einer Strombegrenzung abgesichert sind. Zusätzlich darf die Combined-Power der 3,3-V- und 5-V-Leitung nicht mehr als 103 W betragen. Darüber hinaus dürfen die Peak-Ströme in der 5-V-SB-Leitung nicht länger als 17 Sekunden je Minute genutzt werden.

› SFX12V-Netzteile

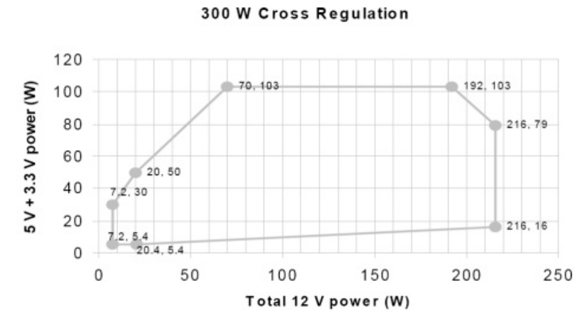
Der Small Form Factor SFX12V wird vorzugsweise in kleinen Tischrechnern montiert. Mit den geringen Abmaßen findet das Netzteil in jedem kleinen Rechnergehäuse Platz. Der SFX12V-Standard zählt zu den ältesten hier vorgestellten Spezifikationen und ist in der Version 3.21 verfügbar.

Die SFX12V-Spezifikationen definieren Netzteile mit Leistungsaufnahmen von 180 W, 220 W, 270W und 300 W.



SFX12V-Energieversorgung: Das Smal-Form-Factor-Netzteil kann nahezu in jedem kleinen Desktop-PC montiert werden. (Quelle: FSP-Group)

Das nachfolgende Diagramm und die Tabelle zeigen die Leistungsverteilung und die Stromverteilung am Beispiel eines 300 Watt SFX12V-Netzteils:



Eckdaten eines 300-W-SFX12V-Netzteils: Das Cross-Loading-Diagramm legt die maximale Leistungsabgabe der einzelnen beziehungsweise der kombinierten Stromleitungen fest. (Quelle: formfactors.org)

Wer über die Aufteilung der maximal möglichen Ströme in den einzelnen Zuleitungen eines SFX12V-Netzteils genau Bescheid wissen muss, darf die folgende Tabelle nicht ignorieren. Sie definiert die minimalen, maximalen und die Peak-Ströme der Netzteilzuleitungen.

Strombereich von SFX-Netzteilen 300 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1)	0,1	11	-
12 V (2)	0,5	8	13
5 V	0,2	15	-
3,3 V	0,1	21	-
-12 V	0	0,3	-
5 V SB	0	2,0	2,5

DieTFX-Spezifikation Version 3.21 empfiehlt für ein 300-Watt-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Dabei muss der Entwickler darauf achten, dass die zwei 12-V-Zuleitungen separat mit einer Strombegrenzung abgesichert sind. Zusätzlich darf die Combined-Power der 3,3-V- und 5-V-Leitung nicht mehr als 103 W betragen. Darüber hinaus dürfen die Peak-Ströme in der 5-V-SB-Leitung nicht länger als 17 Sekunden je Minute genutzt werden.

› LFX12V-Netzteile

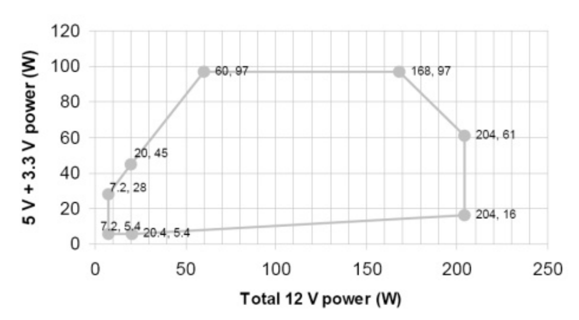
Der Low Profile Form Factor LFX12V kommt in ultrakompakten PCs zum Einsatz. Mit der geringen Einbauhöhe ist das Netzteil prädestiniert für kleine kompakte Rechnersysteme. Die LFX12V-Spezifikationen liegen aktuell in der Version 1.21 vor.

Die LFX12V-Spezifikationen definieren Netzteile mit Leistungsaufnahmen von 180 W, 220 W und 270W.



LFX12V-Energieversorgung: Der Low-Profile-Form-Factor-Stromspender ist besonders für ultrakompakte PCs entwickelt worden. (Quelle: Hipro)

Das nachfolgende Diagramm und die Tabelle zeigen die Leistungsverteilung und die Stromverteilung am Beispiel eines 270 Watt LFX12V-Netzteils:



Eckdaten eines 270-W-LFX12V-Netzteils: Das Cross-Loading-Diagramm legt die maximale Leistungsabgabe der einzelnen beziehungsweise der kombinierten Stromleitungen fest. (Quelle: formfactors.org)

Wer über die Aufteilung der maximal möglichen Ströme in den einzelnen Zuleitungen eines LFX12V-Netzteils genau Bescheid wissen muss, darf die folgende Tabelle nicht ignorieren. Sie definiert die minimalen, maximalen und die Peak-Ströme der Netzteilzuleitungen.

Strombereich von LFX-Netzteilen 270 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V	0,6	17	18
5 V	0,2	15	-
3,3 V	0,1	19	-
-12 V	0	0,3	-
5 V SB	0	2,0	2,5

Die LFX-Spezifikation Version 1.21 empfiehlt für ein 270-Watt-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Dabei muss der Entwickler darauf achten, dass die Combined-Power der 3,3-V- und 5-V-Leitung nicht mehr als 97 W beträgt. Darüber hinaus dürfen die Peak-Ströme in der 5-V-SB-Leitung nicht länger als 17 Sekunden je Minute genutzt werden.

› Flex-ATX-Netzteile

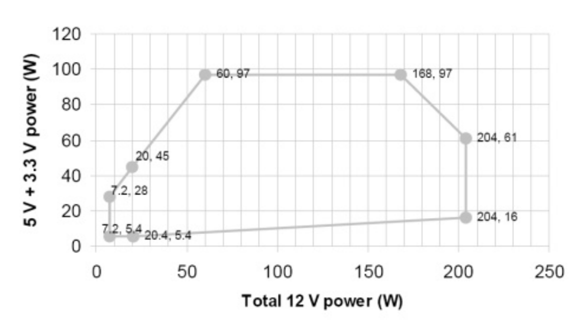
Der Flex-ATX-Formfaktor wird vorzugsweise in Kleinstrechnern verbaut. Mit der niedrigen Einbauhöhe kann das Netzteil universell in Minigehäusen Platz finden. Die Flex-ATX-Spezifikationen liegen aktuell in der Version 1.01 vor.

Die Flex-ATX-Spezifikationen definieren Netzteile mit Leistungsaufnahmen von 180 W, 220 W und 270W.



Flex-ATX-Energieversorgung: Der Flex-ATX-Formfaktor eignet sich besonders für den Einsatz in Mini-PCs. (Quelle: FSP-Group)

Das nachfolgende Diagramm und die Tabelle zeigen die Leistungsverteilung und die Stromverteilung am Beispiel eines 270 Watt Flex-ATX-Netzteils:



Eckdaten eines 270-W-Flex-ATX-Netzteils: Das Cross-Loading-Diagramm legt die maximale Leistungsabgabe der einzelnen beziehungsweise der kombinierten Stromleitungen fest. (Quelle: formfactors.org)

Wer über die Aufteilung der maximal möglichen Ströme in den einzelnen Zuleitungen eines Flex-ATX-Netzteils genau Bescheid wissen muss, darf die folgende Tabelle nicht ignorieren. Sie definiert die minimalen, maximalen und die Peak-Ströme der Netzteilzuleitungen.

Strombereich von Flex-ATX-Netzteilen 270 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V	0,6	17	18
5 V	0,2	15	-
3,3 V	0,1	19	-
-12 V	0	0,3	-

5 V SB	0	2,0	2,5

Die Flex-ATX-Spezifikation Version 1.01 empfiehlt für ein 270-Watt-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Dabei muss der Entwickler darauf achten, dass die Combined-Power der 3,3-V- und 5-V-Leitung nicht mehr als 97 W beträgt. Darüber hinaus dürfen die Peak-Ströme in der 5-V-SB-Leitung nicht länger als 17 Sekunden je Minute genutzt werden.

› EPS12V- und ERP12V-Netzteile

Der Entry-Level-Power-Supply-Formfaktor EPS12V und der Entry-Redundant-Power-Formfaktor ERP12V sind für Tower-Server konzipiert, die überwiegend nur mit einer CPU ausgestattet sind. Die EPS12V- und ERP12V-Richtlinien haben aktuell die Versionsnummer 2.92 beziehungsweise 1.51.

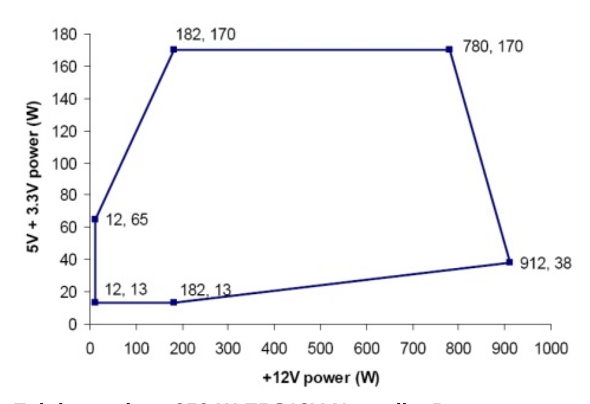


EPS12V-Energieversorgung: Der Entry-Level-Power-Supply-Formfaktor fühlt sich besonders in Tower-Servern wohl. (Quelle: Antec)



ERP12V-Energieversorgung: Der Entry-Redundant-Power-Formfaktor versorgt wie sein EPS-Pendant mit seinen redundanten Netzteilen Tower-Server mit Energie (Quelle: I-Star)

Die EPS12V-Spezifikationen definieren Netzteile mit Leistungsaufnahmen von 550 W, 600 W, 650 W, 700 W, 750 W, 800 W, 850 W und 950 W. Das ERP12V-Netzteil ist laut den Spezifikationen nur bis maximal 800 W genauer beschrieben. Das nachfolgende Diagramm und die Tabelle zeigen die Leistungsverteilung und die Stromverteilung am Beispiel eines 950 Watt EPS12V-Netzteils:



Eckdaten eines 950-W-EPS12V-Netzteils: Das Cross-Loading-Diagramm legt die maximale Leistungsabgabe der einzelnen beziehungsweise der kombinierten Stromleitungen fest. (Quelle: SSI)

Wer über die Aufteilung der maximal möglichen Ströme in den einzelnen Zuleitungen eines EPS12V- und ERP12V-Netzteils genau Bescheid wissen muss, darf die folgenden Tabellen nicht ignorieren. Sie definieren die minimalen, maximalen und die Peak-Ströme der Netzteilzuleitungen.

Strombereich von ERP/EPS-Netzteilen 800 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1, 2)	0	16	18
12 V (3)	0,9	16	18
12 V (4)	0,1	18	22
5 V	0,5	30	-
3,3 V	0,8	24	-
-12 V	0	0,5	-
5 V SB	0,1	3,0 / 6,0	3,5 / 6,5

Strombereich von EPS-Netzteilen 950 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1, 2)	0	16	18
12 V (3)	0,9	16	18
12 V (4)	0,1	18	22
12 V (5)	0	18	-

5 V	0,5	30	-
3,3 V	0,8	24	-
-12 V	0	0,5	-
5 V SB	0,1	3,0 / 6,0	3,5 / 6,5

Die EPS12V-Spezifikation Version 2.92 empfiehlt für ein 950-Watt-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Dabei muss der Entwickler darauf achten, dass die Combined-Power der 3,3-V- und 5-V-Leitung nicht mehr als 107 W beträgt. Darüber hinaus dürfen die Peak-Ströme in den Leitungen nicht länger als 12 Sekunden genutzt werden.

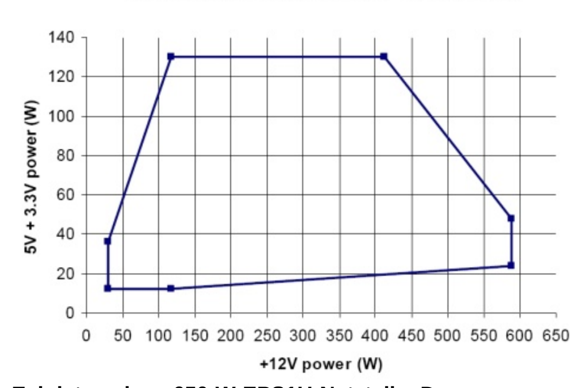
› EPS1U-Netzteile

Der Entry-Level Power Supply-1U-Rack-Formfaktor EPS1U ist für Rack-Server mit einer Höheneinheit entwickelt worden, die überwiegend nur mit einer CPU ausgestattet sind. Die EPS1U-Spezifikationen trägt aktuell die Versionsnummer 2.93. Eine offizielle Spezifikation für den ERP1U-Formfaktor gibt es für Single-CPU-Socket-Systeme noch nicht.



EPS1U-Energieversorgung: Der Entry-Level-Power-Supply-1U-Formfaktor eignet sich besonders für den Einsatz in 1HE-Rack-Servern. (Quelle: I-Star)

Die EPS1U-Spezifikationen definieren Netzteile mit Leistungsaufnahmen von 250 W, 300 W, 350 W, 450 W, 500 W, 550 W, 600 W und 650 W. Das EPS1U-Netzteil ist laut den Spezifikationen nur bis maximal 650 W genauer beschrieben. Das nachfolgende Diagramm und die Tabelle zeigen die Leistungsverteilung und die Stromverteilung am Beispiel eines 650 Watt EPS1U-Netzteils:



Eckdaten eines 650-W-EPS1U-Netzteils: Das Cross-Loading-Diagramm legt die maximale Leistungsabgabe der einzelnen beziehungsweise der kombinierten Stromleitungen fest. (Quelle: SSI)

Wer über die Aufteilung der maximal möglichen Ströme in den einzelnen Zuleitungen eines EPS1U-Netzteils genau Bescheid wissen muss, darf die folgende Tabelle nicht ignorieren. Sie definiert die minimalen, maximalen und die Peak-Ströme der Netzteilzuleitungen.

Strombereich von EPS1U-Netzteilen 650 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1, 2)	0,8	16	18
12 V (3)	0,5	16	18
12 V (4)	0,5	16	18
5 V	1,0	21	-
3,3 V	1,5	10	-
-12 V	0	0,5	-
5 V SB	0,1	3,0	3,5

Die EPS1U-Spezifikation Version 2.93 empfiehlt für ein 650-Watt-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Dabei muss der Entwickler darauf achten, dass die Combined-Power der 3,3-V- und 5-V-Leitung nicht mehr als 130 W beträgt. Darüber hinaus dürfen die Peak-Ströme in den Leitungen nicht länger als 12 Sekunden genutzt werden.

› EPS2U- und ERP2U-Netzteile

Der Entry-Level-Power-Supply-2U-Rack-Formfaktor EPS2U und der Entry-Redundant-Power-2U-Formfaktor ERP2U sind für 2HE-Rack-Server konzipiert, die überwiegend nur mit einer CPU ausgestattet sind. Die EPS2U- und ERP2U-Richtlinien haben aktuell die Versionsnummer 2.1 beziehungsweise 2.31.



EPS2U-Energieversorgung: Das Netzteil im Entry-Level-Power-Supply-2U-Formfaktor versorgt 2U hohe Rack-Server mir Energie. (Quelle: I-Star)



ERP2U-Energieversorgung: Der Entry-Redundant-Power-2U-Formfaktor ist wie sein EPS-Gegenspieler für den Einsatz in Rack-Servern vorgesehen. (Quelle: I-Star)

Die EPS2U-Spezifikationen definieren Netzteile mit Leistungsaufnahmen von 480 W, 550 W, 600 W und 650 W. Das ERP2U-Netzteil ist laut den Spezifikationen nur bis maximal 800 W genauer beschrieben. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Stromverteilung am Beispiel eines 650-Watt-EPS12V und eines 800-Watt-EPR2U-Netzteils: Eine Leistungsverteilung der einzelnen Zuleitungen führt die EPS2U- und ERP2U-Spezifikation nicht auf.

Strombereich von ERP2U-Netzteilen 800 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1, 2)	0	16	18
12 V (3)	0,9	16	18

12 V (4)	0,1	16	18
5 V	0,5	30	-
3,3 V	0,8	24	-
-12 V	0	0,5	-
5 V SB	0,1	3,0	3,5

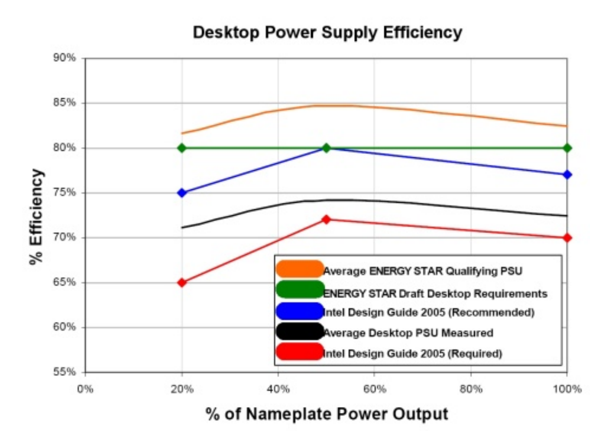
Strombereich von EPS2U-Netzteilen 650 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1, 2)	0	12,5	15
12 V (3)	0,9	14	-
12 V (4)	0,1	8	13
5 V	0,5	24	-
3,3 V	0,8	24	-
-12 V	0	0,5	-
5 V SB	0,1	2,0	-

Die EPS2U-Spezifikation Version 2.1 empfiehlt für ein 650-Watt-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Dabei muss der Entwickler darauf achten, dass die Combined-Power der 3,3-V- und 5-V-Leitung nicht mehr als 140 W beträgt. Darüber hinaus dürfen die Peak-Ströme in den Leitungen nicht länger als 12 Sekunden genutzt werden.

› Energieeffizienz von Netzteilen

Mit der Einführung der EnergyStar-4.0-Richtlinien und der 80-Plus-Spezifikationen für Netzteile unterliegen diese besonderen Anforderungen an die Energieeffizienz. Die neuen Spezifikationen für die Stromversorgung fordern neben einem hohen Wirkungsgrad auch eine bessere Stromqualität der Geräte. Erfüllen die Netzteile die strengen Reglements, können sie sich mit dem entsprechenden Logo schmücken.

Der Wirkungsgrad wird aus dem Quotienten der Ausgangswirkleistung zur Eingangswirkleistung gebildet. Je höher dieser Faktor (idealerweise 1 oder 100 Prozent), desto besser das Netzteil beziehungsweise der Wirkungsgrad. Je kleiner der Wirkungsgrad, desto mehr elektrische Energie setzt das Netzteil in nutzlose Wärmeenergie um. Die bisher handelsüblichen Netzteile arbeiten mit einem Wirkungsgrad von zirka 60 bis 70 Prozent bei 50 Prozent Auslastung. Der Wirkungsgrad verschlechtert sich, wenn das Netzteil abseits des prozentualen Richtwerts arbeitet.



Typisch: Das Diagramm verdeutlicht die Anforderungen der verschiedenen Netzteilstandards hinsichtlich theoretischer Energieeffizienz und praktischen Messergebnissen. So haben Netzteile ohne 80-Plus-Zertifizierung einen Wirkungsgrad von 72 bis 74 Prozent. (Quelle: SSI)

Die 80-Plus-Verordnung schreibt bei internen Desktop-Netzteilen vor, dass bei 20, 50 und 100 Prozent elektrischer Auslastung des Energiespenders der Wirkungsgrad von 80 Prozent nicht unterschritten werden darf. Um eine 80-Plus-Zertifizierung für ein Netzteil zu bekommen, müssen die Hersteller diese Werte messtechnisch von der 80plus.org überprüfen lassen. Die Prüfdaten werden in einem Prüfprotokoll festgehalten und auf der Webseite veröffentlicht.

› Fazit

Mit dem immer höheren Energiebedarf aktueller Rechnersysteme und den steigenden Strompreisen haben sich die Anforderungen an die Stromversorgung gewandelt. Darüber hinaus müssen sich die Netzteile verschiedenen Gehäuseformaten anpassen. Daher ist die erste Anlaufstelle für die Wahl eines Netzteils für ein bestimmtes Rechnersystem die Netzteilspezifikationen. Aus der Fülle unterschiedlicher existierender Spezifikationen muss zuerst der Gehäuseformfaktor festgelegt werden.

Als Energielieferant für Standard-Server, -Workstations und -PCs setzen die Hersteller in der Regel ATX- oder EPS-Netzteile ein. Bei Sonderformen im Desktop-Bereich stehen noch die Formate CFX, LFX. TFX, SFX und Flex ATX zur Verfügung. Im Server- und Workstation-Umfeld muss oft eine hohe Ausfallsicherheit gewährleistet sein. Diesen Anspruch erfüllt das ERP-Netzteilformat. Für Rack-Server stehen die Formfaktoren EPS1U, EPS2U und ERP2U zur Verfügung.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die elektrische Gesamtleistung des Netzteils und die elektrische Teilleistung in den Zuleitungen für bestimmte Komponenten. Auch hier sollten die Spezifikationen für die Wahl des richtigen Netzteils die erste Anlaufstelle sein. Da die Spezifikationen nur Empfehlungen sind, ist trotzdem eine Kontrolle der technischen Angaben des Herstellers unerlässlich.

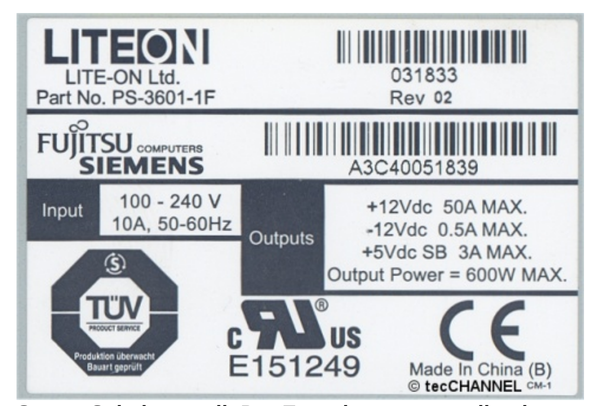
Wer auf ein energieeffizientes Netzteil Wert legt, sollte ebenfalls in den Netzteil-Spezifikationen stöbern und nach dem Wirkungsgrad Ausschau halten. Das kann sich im Laufe der Betriebsjahre des Rechnersystems in barer Münze auszahlen. Achten Sie in diesem Zusammenhang auch auf das 80-Plus-Logo. (hal)

Netzteile für PCs & Server: Darauf müssen Sie achten!

› Das Netzteil gehört zu den wichtigsten Komponenten in einem Rechnersystem. Doch oft verwirren die Typenschildangaben wie PFC, Combined Power oder 80 Plus und führen zu Fehlinterpretationen. Wir erläutern, worauf Sie bei Netzteilen für Server, Workstations oder Desktops achten müssen.

VON Bernhard Haluschak (05.08.2005, Update: 09.01.2008)

Bei der Auswahl der richtigen Komponenten spielt das Netzteil oft eine untergeordnete Rolle. Das kann sich im Nachhinein als ein gravierender Fehler entpuppen. Denn unerklärliche Systemabstürze kann auch ein falsch gewähltes Netzteil verursachen. Zusätzlich spielt im Zuge der stetig steigenden Energiekosten ein korrekt dimensioniertes Netzteil (Energieeffizienz) eine immer wichtigere Rolle. Doch welche elektrische Leistung benötigt ein System, und was ist beim Kauf eines Netzteils zu beachten? Welche Leistung liefert es, und was besagen eigentlich die häufig unverständlichen Angaben auf dem Typenschild der Netzteile?



Server-Schaltnetzteil: Der Energieversorger gibt als maximale elektrische Leistung 600 W an.

Eine wichtige Orientierungshilfe für Schaltnetzteile sind die entsprechenden Spezifikationen. In denen legen die Gremien die elektrischen und mechanischen Parameter der Energielieferanten fest. Diese Vorgaben lassen den Herstellern oft einen weiten Spielraum bei der Entwicklung von Schaltnetzteilen, sodass die Angaben auf den Typenschildern nicht immer direkt vergleichbar sind.

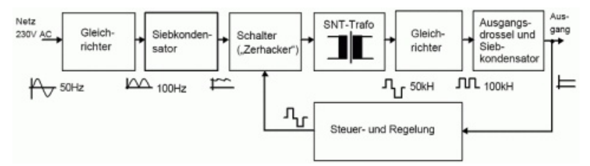
Einige Netzteilehersteller protzen gern mit hohen Leistungsangaben. Nach dem Motto: „Je mehr Leistung, desto besser ist das Netzteil." Doch gerade bei Schaltnetzteilen sollte man diesem Trugschluss nicht unterliegen, denn manchmal ist eine Überdimensionierung eher nachteilig, wie unser Artikel erläutert. Zusätzlich erklären wir, wie ein Schaltnetzteil prinzipiell funktioniert, und beleuchten die wichtigsten elektrischen Parameter wie Wirkungsgrad, Combined Power und PFC.

Wenn Sie sich mehr für die Energy-Star-4.0-Richtlinien interessieren, werden Sie in dem Report: Energy Star 4.0: Neue Stromspar-Richtlinien für PCs und Notebooks (http://www.tecchannel.de/link.cfm?type=article&pk=481658) fündig. Den Standards von Netzteilen widmet sich der Beitrag Netzteile: Die neuen Standards für PCs und Server (http://www.tecchannel.de/link.cfm?type=article&pk=402387) . Wie sich bei der Server-Hardware Strom sparen können, beschreibt der Artikel Praxistest: Strom sparen bei der Server-Hardware (http://www.tecchannel.de/link.cfm?type=article&pk=459310) .

› Funktionsweise von Schaltnetzteilen

Die heute noch üblichen Netzteile arbeiten prinzipiell mit einem Transformator, einem Gleichrichter und einem linearen Regelglied. Nachteile dieser mittlerweile antiquierten, aber immer noch sehr preiswerten

Lösung sind die hohe Verlustleistung, das große Volumen und ein entsprechend hohes Gewicht. Dem gegenüber steht das Schaltnetzteil mit seinem relativ hohen Wirkungsgrad von üblicherweise 60 bis 90 Prozent und geringerem Gewicht sowie geringeren Abmessungen. Allerdings müssen diese Vorteile gegenüber einem konventionellen Netzteil mit einem höheren Preis erkauft werden.



Blockschaltbild: Nahezu jedes Schaltnetzteil funktioniert nach diesem prinzipiellen Aufbau. (Quelle: Hochschule Rapperswil)

Die Eingangs-Netzspannung von 220 Volt und 50 Hz wird über einen Gleichrichter und Siebkondensator gleichgerichtet und grob geglättet. Das Herzstück eines Schaltnetzteils bilden ein Leistungsüberträger und ein Schalttransistor. Diese Einheit “zerhackt“ die Gleichspannung mit einer Frequenz von zirka 50 kHz und transformiert sie auf eine kleinere Spannung herunter. Ein nachgeschalteter Gleichrichter inklusive Ausgangsdrossel und Siebkondensator sorgen für eine “saubere“ Ausgangs-Gleichspannung. Der auf den Schalttransistor rückgekoppelte Steuer- und Regelungskreis hält die Ausgangspannung auf einem konstanten Wert, unabhängig von der geschalteten Last. Dieses Prinzip ist auf alle Spannungszweige wie 12, 5 oder 3,3 V anwendbar.

› Netzteil-Spezifikationen für Desktops

Netzteile der Desktop-Rechner unterliegen größtenteils den Spezifikationen der FormFactors.org (http://www.formfactors.org/default.asp) . Zu den wichtigsten Spezifikationen zählt der ATX12V Power Supply Design Guide, der seit März 2007 in der Version 2.3 vorliegt. Darin sind alle elektrischen und mechanischen Parameter eines Netzteils festgelegt. Gegenüber der Vorgängerversion 2.2 wurde der Spannungsbereich für einige Parameter enger toleriert.

In der folgenden Tabelle sind die zulässigen Abweichungen der Ausgangsspannungen vom Nominalwert eines Netzteils zu finden. Befinden sich die Spannungswerte innerhalb dieser Bereiche, darf das Rechensystem nicht negativ beeinflusst werden. Darüber hinaus erlauben die ATX-Spezifikationen eine Restwelligkeit der Ausgangsspannungen von 50 beziehungsweise 120 mV auf den entsprechenden Leitungen.

Gleichspannungsbereich von ATX-Netzteilen					
Spannungsleitung	**Abweichung [%]**	**Min. [V]**	**Nom. [V]**	**Max. [V]**	**Welligkeit [mVpp]**
12 V (1)	+/-5	11,40	12,00	12,60	120
12 V (2)	+/-5	11,40	12,00	12,60	120
5 V	+/-5	4,75	5,00	5,25	50
3,3 V	+/-5	3,14	3,30	3,47	50
-12 V	+/-10	-10,80	-12,00	-13,20	120
5 V SB	+/-5	4,75	5,00	5,25	50

Die ATX-Spezifikation Version 2.3 beinhaltet Vorgaben für Netzteile zwischen 180 und maximal 450 Watt. So empfehlen die Spezifikationen für ein 450-Watt-Netzteil die folgenden Ströme für die entsprechenden Spannungszweige. Allerdings dürfen die Peak-Ströme nicht länger als 17 Sekunden je Minute genutzt

werden. Auch in diesem Bereich wurden die Grenzwerte etwas straffer gefasst. So hat die FormFactors.org den Minimalstrom bei einigen Leitungen etwas verringert und dementsprechend auch die Peak-Stromwerte erhöht.

Strombereich von ATX-Netzteilen 450 W			
Spannungsleitung	**Min. Strom [A]**	**Max. Strom [A]**	**Peak-Strom [A]**
12 V (1)	0,1	17	-
12 V (2)	0,5	16	19
5 V	0,2	15	-
3,3 V	0,1	24	-
-12 V	0	0,3	-
5 V SB	0	2,5	3,5

Laut Vorgaben muss ein ATX-Netzteil primärseitig in festgelegten Eingangs-Spannungsbereichen immer noch einwandfrei funktionieren. So darf bei einer nominalen Eingangsspannung von 230 VAC die Spannung zwischen 180 und 265 VAC liegen. Bei einem 115-VAC-Netz kann die Spannung zwischen 90 und 135 VAC variieren. Die Frequenz sollte dabei die Toleranzschwellen von 47 und 63 Hz nicht unter- beziehungsweise überschreiten.

› Netzteil-Spezifikationen für Server

Speziell um die Spezifikationen von Server-Netzteilen kümmert sich die Server System Infrastructure (http://www.ssiforum.org/default.aspx) (SSI). Die wichtigsten Spezifikationen vereint der aktuelle EPS12V Power Supply Design Guide in der Version 2.92.

In der folgenden Tabelle sind die Spannungsabweichungen von den Nominalwerten der verschiedenen Spannungsleitungen und die Restwelligkeit gegenübergestellt. Im Vergleich zu den ATX-Spezifikationen sind die EPS-Vorgaben für Server-Netzteile wesentlich engeren Toleranzen unterworfen. So dürfen bei ATX-Stromquellen die Hauptspannungen um +/-5 Prozent abweichen, bei EPS sind es nur +5 und -3 Prozent.

Gleichspannungsbereich von EPS-Netzteilen					
Spannungsleitung	**Abweichung [%]**	**Min. [V]**	**Nom. [V]**	**Max. [V]**	**Welligkeit [mVpp]**
12 V (1-5)	+5/-5 (+5/-3)	11,40 (11,64)	12,00	12,60	120
5 V	+5/-5 (+5/-3)	4,75 (4,85)	5,00	5,25	50
3,3 V	+5/-5 (+5/-3)	3,14 (3,20)	3,30	3,47	50
-12 V	+10/-10 (+9/-5)	-10,80 (-11,40)	-12,00	-13,20 (-13,08)	120
5 V SB	+5/-5 (+5/-3)	4,75 (4,85)	5,00	5,25	50

Die Werte in Klammern geben die optionalen Werte für enger tolerierte Ausgangsspannungen eines Netzteils an.

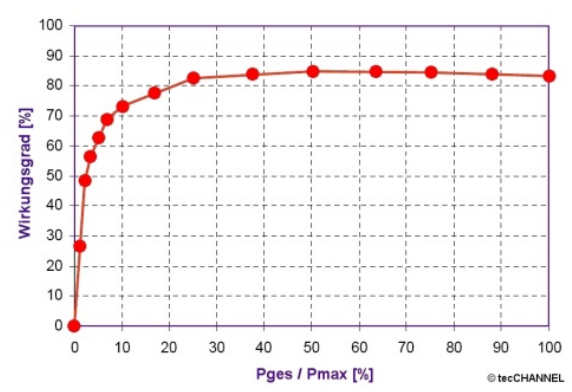
Um dem erhöhten Energiebedarf gerecht zu werden, müssen sich die Spezifikationen stets an die Bedürfnisse des Markts anpassen und Vorgaben für leistungsstärkere Netzteile definieren. So schreibt die aktuelle EPS-Spezifikation Version 2.92 für ein 950-W-Netzteil die in der Tabelle aufgeführten Ströme für die entsprechenden Spannungsleitungen vor. Allerdings dürfen die Peak-Ströme nur über eine Zeitspanne von 12 Sekunden aus dem Netzteil entnommen werden.

Strombereich von EPS-Netzteilen 950 W			
Spannungsleitung	**Min. Stromaufnahme [A]**	**Max. Stromaufnahme [A]**	**Peak-Stromaufnahme [A]**
12 V (1, 2)	0	16	18
12 V (3)	0,9	16	18
12 V (4)	0,1	18	22
12 V (5)	0	18	-
5 V	0,5	30	-
3,3 V	0,8	24	-
-12 V	0	0,5	-
5 V SB	0,1	3,0 / 6,0	3,5 / 6,5

Wie die ATX-Schaltnetzteile verfügen auch die EPS-Server-Stromversorger über einen variablen Eingangsspannungsbereich. Dieser liegt beim 230-VAC-Spannungsnetz zwischen 180 und 264 VAC und bei 115 VAC zwischen 90 und 140 VAC. Die Frequenz darf zwischen 47 und 63 Hz von der 50-Hz-Norm abweichen.

› Wirkungsgrad von Schaltnetzteilen

Ein selten beachteter Parameter bei Schaltnetzteilen ist der Wirkungsgrad. Dieser liegt bei den gängigen Modellen zwischen 60 und 80 Prozent. Somit vergeudet das Netzteil rund ein Fünftel der eingesetzten Energie als nutzlose Wärme. Nimmt zum Beispiel ein Rechnersystem an der Steckdose eine elektrische Leistung von 500 Watt auf, so entfallen bei einem Wirkungsgrad von 80 Prozent allein 100 Watt auf das Netzteil. Die restlichen 400 Watt stehen den Rechnerkomponenten als Nutzenergie zur Verfügung.



Cisco-Netzteil: Das Diagramm zeigt die Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Gesamtausgangsleistung im Verhältnis zur maximalen Eingangsleistung bei unterschiedlichen Belastungen.

Der Wirkungsgrad errechnet sich aus dem Verhältnis der Wirkleistung am Ausgang und am Eingang. Je höher der Wert, desto effektiver arbeitet das Netzteil. Die aktuellen ATX- und EPS-Spezifikationen schreiben bei einer Belastung von 20 Prozent einen Wirkungsgrad von mindestens 65 Prozent vor. Bei halber Last soll der Energieversorger mit einem Wirkungsgrad von 72 Prozent arbeiten, und bei Vollbelastungen genügen 75 Prozent. Allerdings empfehlen beide Spezifikationen für diese drei Lastbereiche einen Wirkungsgrad von mindestens 80 Prozent.

Das Bild zeigt eine typische Kurve des Wirkungsgrades eines Schaltnetzteils (Cisco 34-0873-01). Das Gerät arbeitet bis etwa 5 Prozent Belastung mit einem Wirkungsgrad von 0 bis 60 Prozent relativ unökonomisch. Den höchsten Wirkungsgrad von zirka 85 Prozent erreicht das Schaltnetzteil bei einer Last von 50 Prozent. Bei maximaler Belastung sinkt der Wirkungsgrad auf etwa 82 Prozent ab.

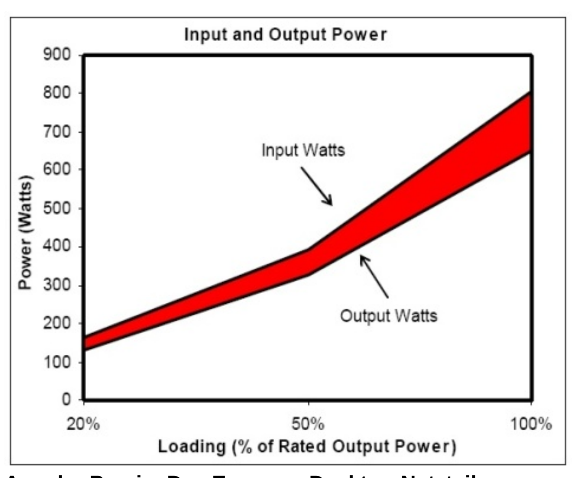
› 80-Plus-Netzteile bieten höhere Energieeffizienz

Ein wichtiger Bestandteil der zukünftigen Netzteile sind die Energy-Star-4.0-Richtlinien (http://www.tecchannel.de/link.cfm?type=article&pk=481658) und der damit neu ins Leben gerufene 80-Plus-Standard (http://www.80plus.org/) sein. Dieser bezieht sich speziell auf die im Computer eingesetzten Netzteile. Die neuen Spezifikationen für die Stromversorgung fordern neben einem hohen Wirkungsgrad auch eine bessere Stromqualität der Geräte. Erfüllen die Netzteile die strengen Reglements, können sie sich mit dem entsprechenden Logo schmücken.



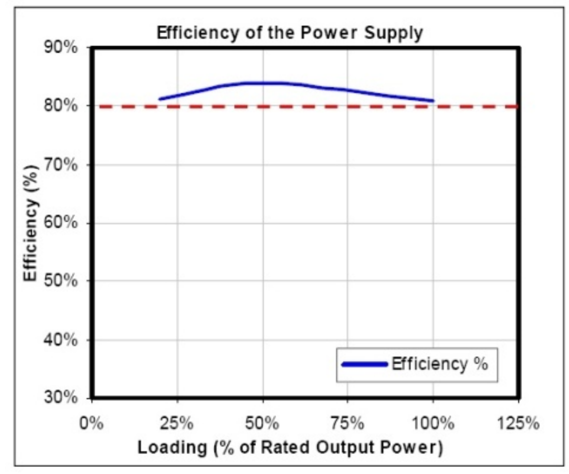
Auszeichnung: Netzteile mit dem 80-Plus-Logo garantieren bei einer Auslastung von 20, 50 und 100 Prozent einen konstanten Wirkungsgrad von mehr als 80 Prozent. (Quelle: 80plus.org)

Der Wirkungsgrad wird aus dem Quotienten der Ausgangswirkleistung zur Eingangswirkleistung gebildet. Je höher dieser Faktor (idealerweise 1 oder 100 Prozent), desto besser das Netzteil beziehungsweise der Wirkungsgrad. Je kleiner der Wirkungsgrad, desto mehr elektrische Energie setzt das Netzteil in nutzlose Wärmeenergie um. Die bisher handelsüblichen Netzteile arbeiten mit einem Wirkungsgrad von zirka 60 bis 70 Prozent bei 50 Prozent Auslastung. Der Wirkungsgrad verschlechtert sich, wenn das Netzteil abseits des prozentualen Richtwerts arbeitet.



Aus der Praxis: Das Enermax-Desktop-Netzteil EIN650AWT mit einem 80-Plus-Logo arbeitet mit einem Wirkungsgrad größer 80 Prozent in einem fest definierten Toleranzbereich. (Quelle: 80plus.org)

Die 80-Plus-Verordnung schreibt bei internen Desktop-Netzteilen vor, dass bei 20, 50 und 100 Prozent elektrischer Auslastung des Energiespenders der Wirkungsgrad von 80 Prozent nicht unterschritten werden darf. Um eine 80-Plus-Zertifizierung für ein Netzteil zu bekommen, müssen die Hersteller diese Werte messtechnisch von der 80plus.org überprüfen lassen. Die Prüfdaten werden in einem Prüfprotokoll festgehalten und auf der Webseite (http://www.80plus.org/manu/psu/manu_psu.htm) veröffentlicht.



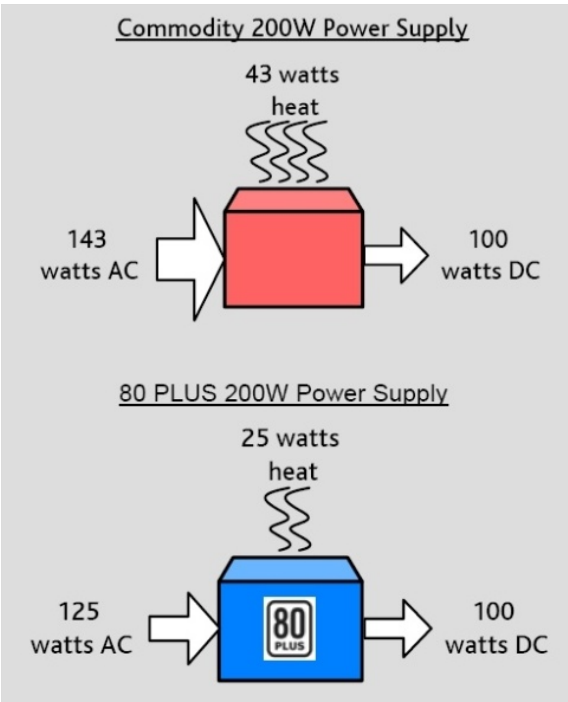
Detailansicht: 80-Plus-Netzteile für Desktop-PCs müssen bei 20, 50 und 100 Prozent Auslastung einen Wirkungsgrad von mehr als 80 Prozent vorweisen. (Quelle: 80plus.org)

Im Vergleich zu den bisherigen internen Desktop-Netzteilen ist ein Wirkungsgrad von 80 Prozent nur durch exakte Regelkreise im Schaltnetzteil und durch sehr eng tolerierte Bauteile zu verwirklichen. Diese Maßnahmen erhöhen entsprechend die Herstellungskosten für ein solches effizientes Netzteil.

› Mehr Nutzeffekt: Qualität statt Quantität

Der Wirkungsgrad von 80 Prozent hat mehrere positive Nebeneffekte. In erster Linie erzeugt das Netzteil im Vergleich zu herkömmlichen Netzteilen weniger nutzlose Energie bei gleicher Wirkleistung. Daraus resultieren für den Anwender dauerhaft geringere Stromkosten. Darüber hinaus kann der PC-Hersteller oder Anwender gegebenenfalls ein Netzteil einsetzen, das eine geringere Nennleistung besitzt.

Ein weiterer Vorteil des hohen Wirkungsgrades ist die geringere Hitzeentwicklung im Netzteil. Das wirkt sich unter anderem lebensverlängernd auf die elektrischen Bauteile sowie auch auf die mechanischen Komponenten aus.



Energieverschwendung: Netzteile mit einem geringen Wirkungsgrad erzeugen im Vergleich zu 80-Plus-Geräten mehr nutzlose Energie in Form von Abwärme. (Quelle: 80plus.org)

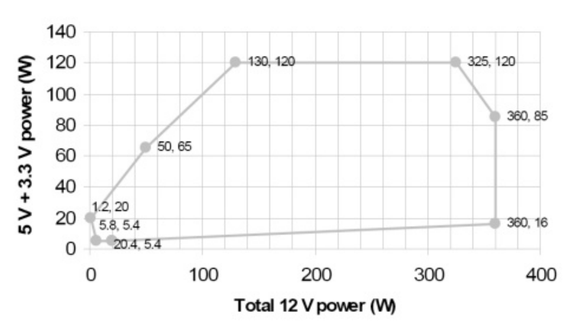
Neben dem Wirkungsgrad spielen Verzerrungen der Spannung bei Netzteilen eine große Rolle. Diese treten dann in Erscheinung, wenn das Schaltnetzteil „unsauber“ arbeitet. Dadurch werden Oberschwingungsströme erzeugt, welche die Netzspannung verzerren. Dies führt verstärkt zu Störungen bei den Verbrauchern und erhöht die elektrischen Verluste im Netzteil. Zusätzlich müssen die nachgeschalteten Verbraucher mit diesen Problemen fertig werden.

Diese unerwünschten Verzerrungen der Spannung lassen sich nur mit höherer Spannungsfestigkeit der Bauteile, wie Kondensatoren und Halbleiter sowie durch die Verwendung von entsprechenden Filtern, kompensieren. Das ist in der Regel mit einem höheren Kostenaufwand für das Netzteil verbunden.

Auch der sogenannte Power Factor (PF) oder Leistungsfaktor eines Netzteils berücksichtigen die 80-Plus-Spezifikationen. Der Power Factor ist das Verhältnis von Wirkleistung (P) in Watt zur Scheinleistung (S) in VA. Die 80plus.org (http://www.80plus.org/) schreibt für ein entsprechendes 80-Plus-Netzteil einen Power Factor größer 0,9 bei einer Auslastung des Geräts von 100 Prozent vor.

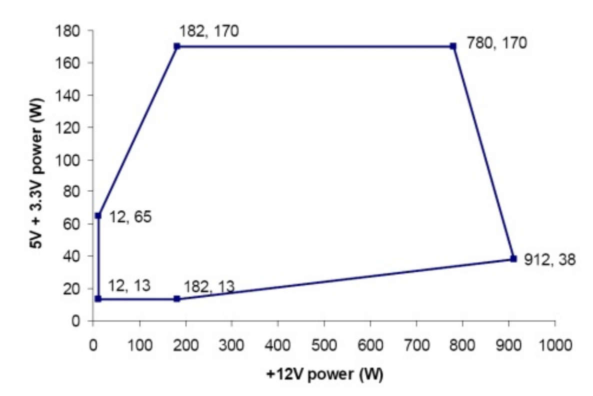
› Combined Power: Theorie

Herkömmliche Netzteile für Server, Workstation oder Desktop-Rechner stellen die drei Hauptspannungen 12, 5 und 3,3 Volt zur Verfügung. Darüber hinaus besitzen sie noch weitere Hilfsspannungen wie -5, -12 und 5-Volt-Standby. Um den Schaltungsaufwand und somit Kosten zu sparen, teilen sich bei den meisten handelsüblichen Energieversorgern der +3,3-Volt- und der +5-Volt-Spannungsregelkreis eine Spule des Ausgangstransformators (Combined Power).



ATX: Am Beispiel eines ATX-Netzteils mit einer elektrischen Leistung von 450 W verdeutlicht das Diagramm, wie stark die entsprechenden Spannungszweige belastet werden dürfen. (Quelle: FormFactors.org)

Das bedeutet: Wenn die Ausgangslast auf einem Spannungszweig erhöht wird, verringert sich gleichzeitig die maximale Ausgangslast auf der anderen Leitung. Komponenten wie Steckkarten oder Laufwerke, die von der 5-Volt-Leitung gespeist werden, beeinflussen deshalb gleichzeitig die Verfügbarkeit des Leistungsbedarfs etwa eines Prozessors auf der 3,3-Volt-Leitung. Diese direkte Abhängigkeit der beiden Spannungszweige kann unter Umständen bei Ausschöpfung der Maximallast zu Instabilität des Systems führen.



EPS: Auch Schaltnetzteile für Server können nach dem Combined-Power-Verfahren arbeiten. Die Spannungszweige müssen sich die maximale Gesamtleistung des Netzteils von 950 Watt, wie im Diagramm dargestellt, teilen. (Quelle: SSI)

Aus diesem Grund sollte der Käufer eines Netzteils genau prüfen, ob das Netzteil über “Combined Power“ verfügt und wie der Hersteller Leistungsangaben auf die einzelnen Zweige aufteilt. So ist zu beachten, dass die maximale Gesamtleistung der beiden Spannungszweige 3,3 Volt und 5 Volt bei Combined Power deutlich geringer ist als die Einzelsummen der Leitungen.

› Combined Power: Praxis

Am Beispiel unseres Typenschildes des Netzteils be quiet! Dark Power Pro (http://www.be-quiet.net/be-quiet.net/) der Firma Listan (http://www.listan.net/listan.net/) wird ersichtlich, dass der 3,3-Volt-Zweig 24 A an Strom liefert und die 5-Volt-Leitung ebenfalls 30 A zur Verfügung stellt. Das sind 79,2 beziehungsweise 150 W. Der Hersteller gibt für die beiden Zweige zusammen eine Combined Power von maximal 170 W an und nicht 230 W, die aus der Summe der einzelnen Zweige resultiert. Bei Combined Power limitieren sich die Spannungszweige gegenseitig. Ist zum Beispiel die eine Leitung stark belastet, so steht auf der anderen weniger Leistung parat.



Combined Power: Der 3,3- und der 5-V-Spannungszweig müssen sich eine gemeinsame elektrische Leistung von maximal 185 W teilen.

Abhilfe schaffen separate Transformatorspulen, die für jede einzelne Spannung inklusive Regelkreis zur Verfügung stehen. Diese können mit der maximalen nominalen Last, die auf dem Typenschild angegeben ist, betrieben werden. Der begrenzende Faktor ist dann nur noch die Gesamtleistung, die das Netzteil laut Hersteller liefert.

› Power Factor Correction (PFC)

Ein großer Nachteil von Schaltnetzteilen ist die Stromentnahme am Eingang in Form von kurzen Impulsen. Die Gleichrichter-Amplituden im Eingangskreis sind dabei vielfach höher als der entnommene Gleichstrom am Ausgang. Diese durch Induktivitäten und Kapazitäten verstärkten nicht linearen Ströme verursachen Verzerrungen und Verformungen der Sinusschwingungen am Eingang. Zusätzlich entsteht ein hoher Anteil an unerwünschten Oberwellen, die elektromagnetische Störungen verursachen. Als Folge können Netzteile anderer Geräte anfangen zu brummen oder der Fernseh- und Telefonempfang negativ beeinflusst werden. Diese Störungen bilden auch für die Stromversorger ein ernsthaftes Problem, da sie jedem Nutzer Wechselstrom von gleich bleibender Qualität zur Verfügung stellen müssen.

Um diese Nachteile auszubügeln, statten Hersteller die Netzteile mit einer so genannten Power-Factor-Correction-Schaltung (PFC) aus. Diese soll aus dem Netz einen nahezu spannungslinearen Strom ziehen und sich quasi wie ein ohmscher Verbraucher verhalten, wodurch Netzstörungen vermieden werden.



Power Factor Correction: Das Schaltnetzteil von Enhance arbeitet mit der PFC-Funktion - wie das Typenschild verrät.

Die passive PFC verwendet eine Induktivitäts-Drossel und einen Kondensator als niederfrequenten Tiefpass. Diese dämpfen die auftretenden Spannungsspitzen und unterdrücken gleichzeitig die entstehenden Oberwellen. Der Leistungsfaktor-Index liegt bei 0,7 bis 0,8. Darüber hinaus müssen voluminöse Kondensatoren und Spulen verwendet werden, da der Eingang der Netzteils mit nur einer geringen Frequenz von 50 bis 60 Hz arbeitet.

Eine wesentlich bessere Leistungsfaktor-Korrektur von 0,9 bis 1 erreicht die aktive PCF. Diese verwendet aktive Komponenten wie ICs oder Thyristor-Schaltungen, um die Stromentnahme so zu regeln, als ob eine ohmsche Last angeschlossen wäre. Zusätzlich erlaubt die aktive PFC-Regelschaltung eine im weiten Bereich variable Eingangsspannung zwischen 85 und 265 VAC. Somit bietet die aktive PFC einen höheren Wirkungsgrad, eine bessere EMV-Verträglichkeit, geringe Baugröße und eine Weitbereichsregelung gegenüber dem passiven Pendant. Allerdings erkauft man sich diese Vorteile durch einen höheren Preis.

› Schutzfunktionen von Netzteilen

Für den sicheren Betrieb von Schaltnetzteilen empfehlen die Spezifikationen eine Reihe von Schutzschaltungen, die im Notfall das Netzteil deaktivieren. Zu den wichtigsten Schutzmaßnahmen zählt die Strombegrenzung. Diese muss in jedem Spannungszweig eingebaut sein. Die Strombegrenzung tritt in Aktion, wenn am Ausgang des Netzteils bestimmte Stromlimits überschritten werden. Dazu zählt auch der Kurzschluss, der beim Auftreten vom Energieversorger kompensiert werden muss.

Eine weitere Sicherheitsmaßnahme, um empfindliche Rechnerkomponenten nicht zu beschädigen, ist der Überspannungsschutz. Ähnlich wie bei der Strombegrenzung deaktiviert eine Schaltung in den Spannungszweigen bei Erreichen bestimmter Schwellenwerte das Netzteil.

Gegen Überhitzung verfügen die Schaltnetzteile über temperaturgeregelte Lüfter sowie integrierte Temperatursensoren, die bei Erreichen einer vorgegebenen Grenztemperatur das Netzteil ausschalten. Besonders bei hoher Stromentnahme oder bei Ausfall der Netzteillüfter schützt die Temperaturschutzschaltung vor thermischer Zerstörung des Gerätes.

Um das Netzteil bei unbelasteten Eingängen vor undefinierten Regelzuständen zu bewahren, statten die Hersteller die Schaltnetzteile mit einer so genannten No-Load-Funktion aus. Diese erkennt die offenen Steckereingänge und versetzt das Netzteil in einen Shutdown-Zustand, bis eine Last angeschlossen wird.

› Netzteile und elektrische Leistung

Der Bedarf von Rechnersystemen an elektrischer Leistung ist in den letzten Jahren enorm gestiegen. Nicht zuletzt durch immer höher getaktete und leistungsfähigere CPUs und Grafikchips. Dem entsprechend müssen die Netzteile mehr elektrische Energie zur Verfügung stellen. Die folgende Tabelle gibt eine grobe Übersicht über den Strombedarf einzelner Komponenten in einem Beispielsystem:

Strom- und Leistungsbedarf eines Beispielsystems (Quelle: AMD)						
Komponente	**3,3-V-Leitung [A]**	**5-V-Leitung [A]**	**12-V-Leitung [A]**	**-12-V-Leitung [A]**	**5-V-SB-Leitung [A]**	**Leistung [W]**
Mainboard / Onboard-Kompone	3,0	2,0	0,3		2,0	23,5
Systemlüfter			0,25			3
CPU-Lüfter			0,25			3
Speicher 3x 128 MByte DDR DIMM		3 x 2,0				30
AGP-Grafikkarte	3,0					9,9
PCI-Modemkarte		0,5				2,5
PCI-Soundkarte	0,5	0,5				4,15

PCI-Netzwerkkarte	0,4	0,4				3,32
IDE-Festplatte (2x)		2 x 0,8	2 x 2,0			56
CD-RW-Laufwerk		1,2	0,8			15,6
DVD-Laufwerk		1,2	1,1			19,20
Floppy-Laufwerk		0,8				4
USB-Geräte (2x)		2 x 0,5				5
IEE1394-Gerät		1,6				8,0
Tastatur		0,25				1,25
Maus		0,25				1,25
Zwischensumme	6,9	17,3	6,7			189,67
Prozessor Athlon XP 2100+			7,49			89,91
Total:	6,9	17,3	14,19	0,0	~0,0	279,58

Die Strom- beziehungsweise Leistungsaufnahmen der einzelnen Komponenten sind Maximalwerte, die unter normalen Betriebsbedingungen nie erreicht werden. Laut AMD bietet die Formel „Leistungsaufnahme der CPU plus 80 Prozent der Gesamtleistungsaufnahme der übrigen Komponenten“ einen sehr guten Anhaltspunkt für die minimale elektrische Leistung eines Netzteils. Bezieht man noch den Wirkungsgrad (zirka 80 Prozent) mit in die Berechnungen ein, sollte das Netzteil optimal arbeiten und korrekt dimensioniert sein. Für unser obiges Beispiel heißt das: 90 W + 0,8 * 190 W * 1,25 = ~ 300 W.

Ein überdimensioniertes Netzteil ist verhältnismäßig teuer und kann unter Umständen mit einem schlechteren Wirkungsgrad und somit ineffektiv arbeiten. Allerdings bietet es genügend Reserven für zukünftige Upgrades. Ein unterdimensioniertes Netzteil erzeugt hohe Temperaturen, da es ständig am Leistungslimit regelt. Darunter leidet die Lebensdauer der Netzteil-Bauteile. Zusätzlich kann so ein Netzteil Störungen auf den Stromleitungen verursachen, die ein Rechnersystem negativ beeinflussen könnten.

Die in der Tabelle aufgeführten Werte dienen als Anhaltspunkte für die Berechnung der elektrischen Leistung eines Netzteils. So besitzen zum Beispiel aktuelle Intel-Quad-Core-Xeons- und AMD-Quad-Core-Opteron-Prozessoren laut Hersteller eine maximale theoretische Leistungsaufnahme (TDP) von 150 beziehungsweise 89 W. Auch zeitgemäße Grafikkarten erweisen sich als „Stromfresser“. So benötigt etwa eine ATI Radeon HD 3870 knapp 105 W an elektrischer Leistung. Ein entsprechendes Netzteil für das obere Beispielsystem mit einem Intel-Xeon- und einer Radeon-HD-3870-Grafikkarte müsste laut Formel dann eine maximale Leistung von etwa 435 Watt liefern.

› Fazit

Auf den Typenschildern von Schaltnetzteilen stehen in der Regel nur die Maximalangaben von Stromstärken und elektrischer Leistung. Doch ein genaueres Hinsehen und das Studium der technischen Daten im Handbuch kann sich lohnen. So geben die Hersteller für den 3,3- und den 5-V-Zweig zwar getrennte Stromstärken an, doch durch das sogenannte Combined Power liegen die einzelnen Stromwerte der beiden Spannungsleitungen je nach Belastung deutlich niedriger.

Ein weiteres Augenmerk auf einem Schaltnetzteil verdient die unscheinbare Bezeichnung PFC. Ist die Power-Factor-Correction-Funktion vorhanden, garantiert sie in der Regel eine höhere Nutzung der

elektrischen Energie als Netzteile ohne diese Option. Zusätzlich verhindert die PFC eine Rückkopplung von störenden Oberwellen oder Verzerrungen in das Stromnetz.

Jedes Schaltnetzteil verbraucht für die interne Erzeugung der Gleichspannungen Energie, die als nutzlose Wärme in der Umgebung verpufft. Das Verhältnis der Eingangsleistung zur Ausgangsleistung dieser „Netzteilarbeit“ wird als Wirkungsgrad bezeichnet. Der Wirkungsgrad sollte für ein effektiv arbeitendes Netzteil so hoch wie möglich sein, um nutzlose Verlustwärme zu minimieren und somit auch überflüssige Kosten zu vermeiden. Ein guter Hinweis für einen hohen Wirkungsgrad bietet das 80-Plus-Logo. Es garantiert, dass das Netzteil bei 20, 50 und 100 Prozent Last mindestens einen Wirkungsgrad von 80 Prozent erreicht.

Bei der Berechnung der benötigten elektrischen Leistung sollte ein Schaltnetzteil weder unter- noch überdimensioniert werden. Das verhindert im Vorfeld spätere Funktionsprobleme mit dem Netzteil und spart zusätzlich Kosten. Darüber hinaus garantiert ein richtig dimensioniertes Schaltnetzteil Langlebigkeit und eine optimale Funktion in Bezug auf Wirkungsgrad, Temperatur und Verlustleistung. (hal)

Grundlagen: Energiemanagement mit ACPI 3.0

› Intelligente Energiesparfunktionen werden in Computern immer wichtiger. Sie helfen nicht nur Stromkosten zu sparen, sondern schonen auch die Hardware. Die Schnittstelle ACPI, Version 3.0, schafft dafür die Grundlagen.

VON Bernhard Haluschak (10.12.2004)

Das Advanced Configuration und Power Interface (ACPI) ist eine offene Spezifikation. Sie bietet eine flexible und erweiterbare Hardware-Schnittstelle um Komponenten zu konfigurieren und besonders Energieverwaltungs-Funktionen eines gesamten Computersystems, bestehend aus Hardware, Betriebssystem und Applikationen, zu realisieren. Mit Hilfe von ACPI ist das Betriebssystem in der Lage, laufende Systemprozesse zu ermitteln und entsprechende Powermanagement-Ressourcen für Rechnerkomponenten und Peripherie bereitzustellen. Dazu zählen die klassischen Funktionen wie "Suspend to Disk", "Suspend to RAM" oder "Wake on LAN". Zusätzlich versucht die ACPI-Spezifikation, die Konfiguration und das Verwalten der Hardware zu standardisieren.

Unter Federführung eines Konsortiums, bestehend aus Intel, Microsoft und Toshiba, erschien im Dezember 1996 die erste offizielle ACPI-Spezifikation, Version 1.0. Sie sollte die bisherigen BIOS-basierenden Powermanagement-APIs wie APM oder PNPBIOS ablösen. In den folgenden Jahren kamen Compaq beziehungsweise Hewlett-Packard und Pheonix dazu. Im Juli 2000 veröffentlichte die Arbeitsgemeinschaft die ACPI-2.0-Spezifikationen und im September 2004 folgte die 3.0-Version.

Die aktuellen ACPI-3.0-Vorgaben bauen auf den Vorgänger-Spezifikationen auf. Sie integrieren neue Technologien wie PCI Express und SATA sowie Ambient Light Sensor. Inwiefern die Änderungen umgesetzt werden, hängt von den jeweiligen Komponentenherstellern ab. So kündigte Microsoft die Umsetzung von ACPI 3.0 erst mit dem Betriebssystem Longhorn an.

Im folgenden Artikel geben wir eine Übersicht, was ACPI 3.0 grundsätzlich bietet und welche Vor- und Nachteile es hat.

› Grundlegende Funktionen von ACPI

Das ACPI steuert in konformen Systemen eine Vielzahl von Funktionsbereichen. Zu den wichtigsten Aufgaben von ACPI zählen:

System-Powermanagement: ACPI definiert Mechanismen, die einen Computer in einen systemabhängigen oder -unabhängigen Schlafzustand versetzen. Gleichzeitig stellt es für jedes Gerät eine globale Funktion zur Verfügung, die ein System aus dem Schlafzustand weckt.

Geräte-Powermanagement: In so genannten "Tables" hinterlegt ACPI die Powermanagement-Beschreibung der Mainboard-Komponenten. Dort sind die Energiezustände und die Verwaltung der Geräte hinterlegt, um diese in bestimmte Energie-Modi zu versetzen. Die ACPI-Tables ermöglichen dem Betriebssystem, die entsprechenden Geräte in einen je nach der Applikation abhängigen niedrigeren Energiezustand zu versetzen.

Prozessor-Powermanagement: Befindet sich das Betriebssystem in einem Idle-Mode, kann es ACPI-spezifische Befehle verwenden, um Prozessoren in einen energiesparenden Zustand zu versetzen.

Geräte- und Prozessor-Performance-Management: In einem aktiven System versucht das Operating-System-directed Powermanagement (OSPM), das von ACPI definiert ist, Komponenten und Prozessoren in bestimmte Performance-Zustände zu versetzen. In diesem Betrieb soll eine optimale Balance zwischen Performance, Energieverbrauch und Umgebungsbedingungen wie Akustik oder Bildqualität erreicht werden.

Konfiguration und Plug-and-Play: ACPI ist in der Lage, Systeminformationen zu spezifizieren, um Mainboard-Devices zu ermitteln und zu konfigurieren. Diese Daten ordnet ACPI hierarchisch an, so dass das Betriebssystem exakt weiß, welche Komponente eine bestimmte Reihenfolge an Systemereignissen auslöst.

› Weitere Funktionen von ACPI

Management von Systemereignissen: Die ACPI-Spezifikationen stellen einen allgemeinen Ereignis-Mechanismus zur Verfügung, der zum Beispiel temperaturabhängige Vorgänge, Energiezustände oder den Plug-and-Play-Status eines Gerätes erkennt.

Batterie-Management: Durch ACPI verlagert sich das Batterie-Management vom APM-BIOS in das ACPI-konforme Betriebssystem. Allerdings benötigt diese Methode ein intelligentes Batterie-Subsystem-Interface, das vom Betriebssystem durch einen entsprechend integrierten Controller angesteuert und verwaltet wird. Ein so genanntes "Control-Batterie-Interface" ist ausschließlich in ACPI Machine Language (AML) definiert. Es bietet den Nutzern die Flexibilität, jede Art von Batterie mit zugehörigem Kommunikations-Interface zu verwenden, die ACPI-Funktionalität unterstützen. Mit Hilfe des Batterie-Managements kann das Betriebssystem das Verhalten der Batterie effizient beeinflussen, indem es etwa je nach Auslastung neue Low-Battery-Punkte oder Warnmeldschwellen setzt. Zusätzlich kontrolliert es das Ladeverhalten der eingesetzten Batterien.

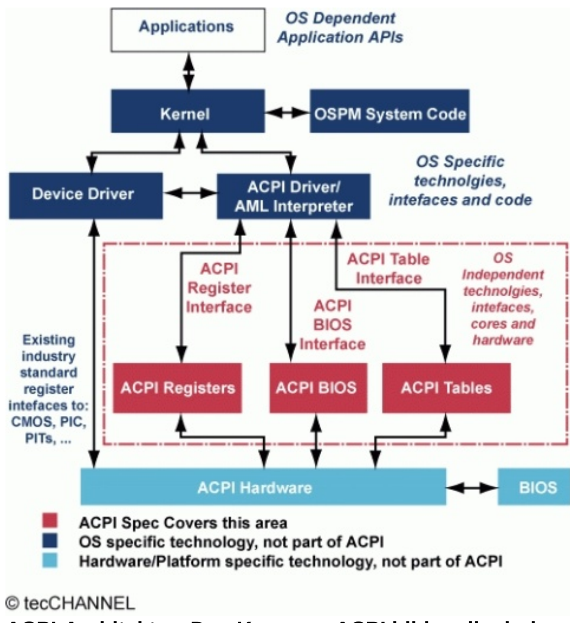
Thermisches Management: Seitdem das Betriebssystem durch ACPI die Kontrolle über die Energie- und Performance-Zustände besitzt, verfügt es auch über Steuerfunktionen für das Thermal-Management. Mittels eines einfachen skalierbaren Models kann der Anwender durch spezielle ACPI-Funktionen thermische Zonen und Anzeigen definieren sowie die Methoden zur Abkühlung der Hotspots bestimmen.

Embedded Controller: ACPI definiert eine Hardware- und Software-Schnittstelle zwischen dem Betriebssystem-Bus-Enumerator und einem integrierten Controller. Dies erlaubt jedem Betriebssystem, mit jedem integrierten Controller zu kommunizieren. Zusätzlich können Gerätetreiber über diese Schnittstelle Daten austauschen und auf Systemressourcen integrierter Controller zurückgreifen. Das ermöglicht es, spezielle Systemfunktionen zur Verfügung zu stellen, die das Betriebssystem und die Anwenderprogramme nutzen können.

SMBus Controller: Damit das Betriebssystem über einen Standard-Bus-Treiber mit einer SMBus-fähigen Komponente kommunizieren kann, stellt ACPI ein entsprechendes Hardware- und Software-Kommunikations-Interface zur Verfügung. Es garantiert dem Anwender, auf bestimmte System-Features, die der SMBus bietet, über das Betriebssystem beziehungsweise die Applikationen zuzugreifen.

› ACPI-Architektur

ACPI besteht grundsätzlich aus drei betriebssystemunabhängigen Blöcken wie den ACPI-Registern, dem ACPI-BIOS und den ACPI-Tabellen. Zusätzlich kommen noch zwei betriebssystemabhängige Elemente wie das Operating-System-directed Powermanagement (OSPM) System Code und der ACPI-Treiber inklusive ACPI Machine Language (AML) Interpreter hinzu.



© tecCHANNEL

ACPI-Architektur: Den Kern von ACPI bilden die drei

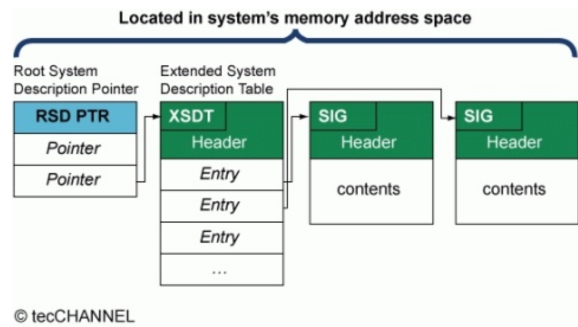
vom Betriebssystem unabhängigen Komponenten: die ACPI-Register, das ACPI-BIOS und die ACPI-Tabellen.

Alle ACPI-Funktionseinheiten sind ausschließlich im Betriebssystem integriert. Der Treiber beziehungsweise der AML-Interpreter bilden die Schnittstelle zwischen der System-Hardware und dem Betriebssystem oder den Applikationen. Diese können auf bestimmte ACPI-Register zugreifen oder spezielle Routinen des ACPI-BIOS aktivieren sowie die ACPI-Tabellen auslesen.

Eine zentrale Bedeutung in der ACPI-Architektur besitzen die ACPI-Tabellen. Sie enthalten die Lage der festen Registerblöcke, in denen die Informationen über die gesamte Mainboard-Hardware und deren angeschlossenen Geräte hinterlegt sind. Zusätzlich enthalten die Tabellen Steuer- und Konfigurationsmöglichkeiten der Hardware wie verschiedene Energiezustände, Batterieverwaltung, Lüftersteuerungen oder Systemanzeigen für verschiedene Stromsparzustände.

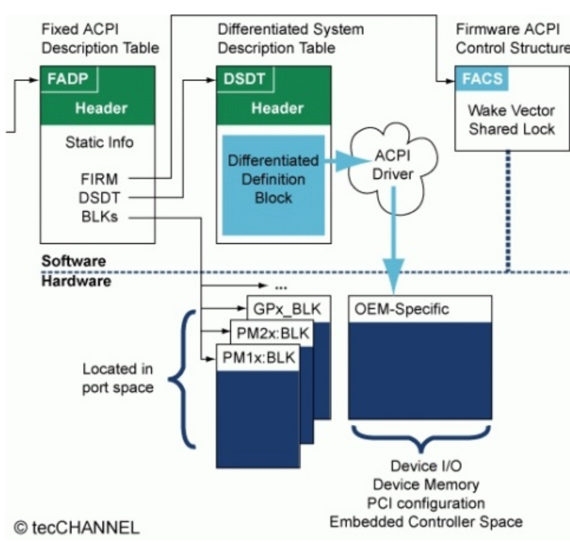
› ACPI-BIOS und -Tables

Das ACPI-BIOS repräsentiert ein Teil des System-BIOS und enthält alle notwendigen Startsequenzen sowie ein Interface für Sleep-, Wake- und Restart-Funktionen. Während der Bootphase greift der Rechner auf bestimmte Routinen des ACPI-BIOS zu und sucht nach dem Root System Description Pointer als Startpunkt (RSDP).



Im Detail: Das Diagramm zeigt eine Übersicht über die System-Description-Table-Architektur.

Die RSDP-Adressstruktur legt das ACPI-BIOS im Systemspeicher ab. Dieser Aufbau enthält Pointer beziehungsweise Adressen auf weitere Tabellen. Besonders wichtig ist die der Extended System Description Table (XSDT), welche auf zusätzliche Beschreibungen der Konfiguration und der Systemimplementierungen verzweigt. Alle Tabellen besitzen den gleichen Aufbau und vereinfachen somit die Implementierung bestimmter Funktionen im System.



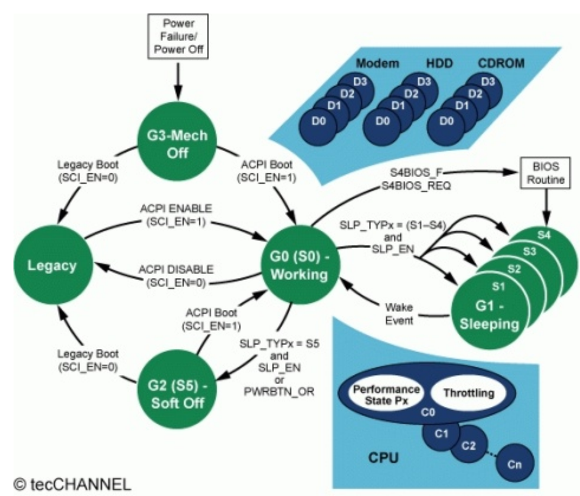
Description-Table-Struktur: Eine so genannte

'Table-Struktur' vereinfacht die Nutzung von ACPI-Features.

Die primäre Aufgabe einer System Description Table besteht darin, Definitionen von Standardkomponenten eines Systems für das OSPM verständlich zu verwalten. Sie ermöglichen dem Betriebssystem, je nach Anforderungen und Design die Hardware zu verwalten und zu steuern. Die XSD-Table enthält Vektoren auf weitere Tabellen im Speicher. Die erste Tabelle, die angesprochen wird, ist stets die Fixed ACPI Description Table (FADT). Die Daten dieser Tabelle enthalten spezifische Eintragungen, die die festgelegten Eigenschaften der Hardware beschreiben. Eine zentrale Bedeutung hat die Differentiated System Description Table (DSDT). Sie enthält alle relevanten Daten von Komponenten eines PCs wie I/O-Geräte, Speicher, PCI-Konfiguration oder integrierte Controller.

› ACPI-Betriebszustände

Im Wesentlichen unterteilt ACPI die Powermanagement-Struktur in drei unterschiedliche Funktionselemente. Als übergeordnete Instanzen fungieren vier globale Powermanagement-Zustände mit der Bezeichnung G0 bis G3.



Think Global: Die Grafik zeigt, wie die einzelnen ACPI-Zustände und Strukturen zusammenarbeiten.

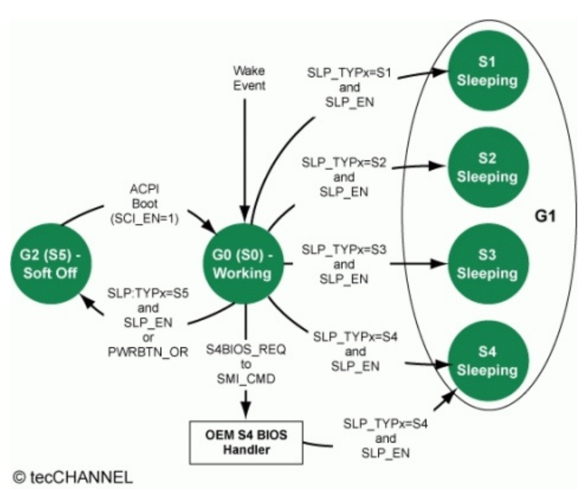
Der G0- beziehungsweise S0-Modus definiert ein vollständig aktives System. Der Anwender kann auf alle Systemkomponenten, soweit sie sich nicht in einem Stromsparmodus befinden, in Echtzeit zugreifen. Darüber hinaus können die Peripheriegeräte ihren Power-Status dynamisch wechseln.

Das Gegenteil von G0 ist der G3-Status. Dieser repräsentiert ein vollständig vom Netz getrenntes System, so dass alle Komponenten stromlos sind.

Der G2- beziehungsweise der S5-Zustand bezeichnet ACPI als "Soft-Off-Modus", der per Software oder entsprechend konfiguriertem Power-Schalter aktiviert wird. Das System bezieht nur noch über die aktive 5-Volt-Standby-Leitung des Netzteils ein Minimum an elektrischer Energie. Um das System zu starten, muss es einen vollständigen Bootprozess durchlaufen.

Im G1-Schlafmodus sind große Teile der aktiven Elemente des Betriebssystems auf Festplatte oder im Speicher abgelegt. Alle Komponenten wie zum Beispiel Speicher, Chipsatz, Tastatur oder Maus, die für ein Wake-up-Ereignis notwendig sind, versorgt das Netzteil weiterhin mit Strom.

Der Legacy-Modus besitzt einen Sonderstatus. Er ist nur aktiv, wenn kein ACPI-Betriebssystem durch entsprechende BIOS-Konfiguration zur Verfügung steht. Durch spezielle Interrupt-Mechanismen und Registereinträge kann ein System dennoch per Legacy-Boot direkt vom G3- oder G2-Betriebszustand in den G0-Arbeitszustand wechseln.

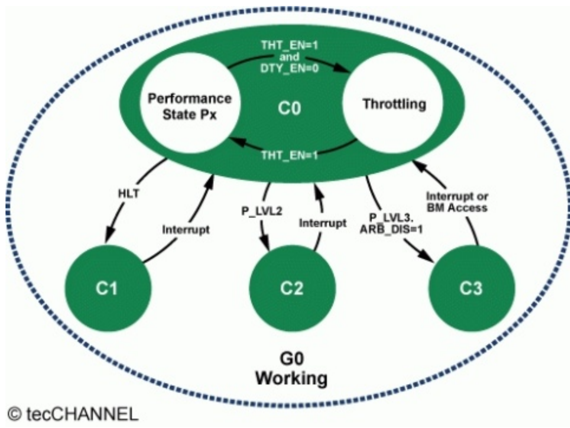


Sleeping States: ACPI unterteilt die betriebssystemabhängigen Sleep-Modi in sechs Stufen.

Die globale Einteilung der Betriebszustände G0 bis G3 eines Systems unterteilt ACPI in sechs weitere abgestufte so genannte "Sleeping-States" S0 bis S5. Diese beinhalten zum Beispiel Funktionen wie "Suspend to RAM" (S3) und "Suspend to Disk" (S4). Im häufig eingesetzten S1-Modus schläft das System, kann aber ohne merkliche Verzögerung rasch aktiviert werden, da das System den Chipsatz und die CPU nicht neu initialisieren muss. Zusätzlich können angeschlossene Komponenten wie Modems, IDE/SATA-Festplatten, PCI-Express-Komponenten oder optische Laufwerke über vier weitere optionale und systemunabhängige Energiesparmodi verfügen.

› CPU-Throttling und Performance

Mit über 100 Watt elektrischer Leistungsaufnahme zählt der Intel Prescott aktuell zu den Spitzenverbrauchern unter den Prozessoren. Auch in der Vergangenheit gehörten die CPUs zu den größten Energieverbrauchern. Um diesem Problem entgegenzuwirken, widmen die ACPI-Spezifikationen dem Prozessor ein eigenes detailliertes Kapitel.



Prozessor-Power-States: Das Diagramm veranschaulicht die verschiedenen Energiezustände einer CPU in einer ACPI-Umgebung.

Die Stromsparfunktionen des Prozessors sind im globalen Betriebszustand G0 integriert. Dort definieren die ACPI-Spezifikationen für den Prozessor vier Energiestufen C0 bis C3.

Den "normalen" Betriebsmodus C0 unterteilt ACPI in die zwei Unterkategorien Throttling und Performance State Px. Im Throttling-Modus arbeitet die CPU nur in begrenzten Zeitintervallen mit der vollen Taktfrequenz. Den Rest der Zeit "steht" die CPU, da der Takt durch Setzen des Stop-Clock-Signals (STPCLK) gestoppt

wird. Durch diese "Brute-Force-Methode" lässt sich nahezu im Verhältnis 1:1 Energie einsparen. Das Throttling kann der Anwender im begrenzten Maße (BIOS-Einstellungen) beeinflussen. Es wird jedoch überwiegend zum Schutz des Prozessors vor Überhitzung durch zu hohe Umgebungstemperatur beziehungsweise ein ausgefallenes CPU-Kühlssystem eingesetzt. Hierauf hat der Anwender keine Einflussnahme. Die Throttling-Intervalle bestimmt das System automatisch durch Verändern bestimmter Registerinhalte (Duty Width Register).

Anders als das Throttling beeinflussen die Performance States nicht die Taktzuführung, sondern die Höhe der Taktfrequenz, mit der die CPU arbeiten soll. So steht der P0-Zustand für maximale Performance und höchsten Energieverbrauch. Dagegen kennzeichnet der P(x)-Modus den minimalen Performance-Level bei geringster Leistungsaufnahme. Der maximale Zustand x hängt vom eingesetzten Prozessor ab. Die Zwischenwerte für den x-Parameter sind vom Anwender beziehungsweise von der Applikation frei wählbar.

› CPU-Stromsparmodi

Zu den weiteren Energiespar- und Thermal-Mangement-Zuständen des Prozessors zählt der C1-Modus. Befindet sich die CPU im "Leerlauf" oder wartet auf Benutzeraktivitäten, begibt sich der Prozessor per Haltbefehl (HLT) in den Energiesparmodus C1. In diesem Zustand ist der Chipsatz deaktiviert. Lediglich die CPU-eigenen Register und Caches bleiben weiter aktiv. Die CPU kann jederzeit diesen Zustand ohne merkliche Zeitverzögerung durch ein Ereignis verlassen - zwangsweise aber durch einen Interrupt initiiert durch Tastatur, Maus oder LAN-Interface.

Weitaus mehr Strom als der C1-Modus spart der C2-Zustand der CPU. Allerdings dauert die Aufwachphase deutlich länger. Zusätzlich benötigt der C2-Status Chipsatz-Unterstützung, denn dieser wurde besonders für Multiprozessor-Systeme geschaffen. Ist ein Prozessor inaktiv, wird dieser in den C2-Zustand versetzt, während die anderen CPUs ihre Arbeit weiter verrichten. Der außer Gefecht gesetzte Prozessor ist aber fähig, seine Cache-Konsistenz zu erhalten. Ein Busmaster- oder Multiprozessor-Interrupt im C2-Modus ist in der Lage, nur spezifische CPUs anzusprechen und diese zu aktivieren.

Über das höchste Energie-Einsparpotenzial verfügt der C3-Modus. Allerdings besitzt dieser die längste Aufwachphase. Zusätzlich ist bei Busmaster-Zugriffen die Cache- Integrität nicht gewährleistet, da die Komponenten in der Lage sind, an der CPU vorbei direkt in den Speicher zu schreiben. Deshalb muss das Betriebssystem in Multiprozessor-Systemen die Puffer zeitaufwendig entleeren, bevor die CPU in den C3-Zustand wechselt. Dagegen genügt es in Single-CPU-Systemen, die Busmaster-Zugriffe per Registereintrag zu unterbinden, um die Cache-Konsistenz im C3-Zustand zu garantieren.

› Batterie-Management

Gerade Notebooks verlangen ein intelligentes Batterie-Management, um die Laufzeit des Gerätes zu maximieren. ACPI versucht diese Anforderungen im Mobile-Bereich durch eine ausgeklügelte Akku-Verwaltung zu erfüllen.

Ein ACPI-konformes Batteriesystem benötigt entweder ein Smart-Battery-Subsystem-Interface oder eine Control-Method-Batterieschnittstelle. Ersteres wird direkt über einen integrierten Controller vom Betriebssystem gesteuert. Das Control-Method-Verfahren benutzt ausschließlich ACPI-Machine-Language-Routinen (AML), um beliebige Batterietypen und Kommunikations-Interfaces nutzen zu können. Das erhöht die Flexibilität beim Batterie-Management in mobilen Geräten.

Beide Batteriesysteme stellen dem Betriebssystem eine Schnittstelle zur Verfügung, die spezifische Daten über den Energielieferanten zu Konfigurations- und Analysezwecken überträgt. Dazu zählen die Gesamtkapazität der Akkus, der Entlade- und Aufladezustand sowie ein Akkuwechsel. Zusätzlich kann das Smart-Battery-System über die Restkapazität oder beim vorgegebenen Stromsparmodus die erwartete Laufdauer der Batterie bestimmen und entsprechende Funktionen wie einen Shutdown auslösen.

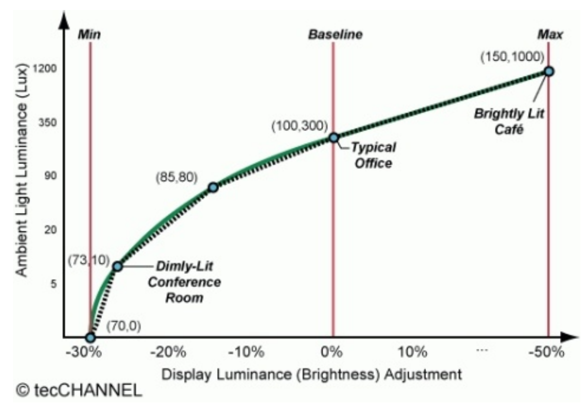
Darüber hinaus verwaltet das Batterie-Management unterschiedliche Warnstufen der Akkukapazität. Je nach verbleibender Energiemenge informiert das Betriebssystem den Anwender über den Zustand des Akkus. Es unterscheidet Warn- und Low-Level-Meldungen sowie kritische Zustände (leerer oder zu heißer Akku) der Akkuzelle.

› Ambient-Light-Sensor

Als Novum beinhalten die ACPI-Spezifikationen 3.0 optional einen Ambient-Light-Sensor (ALS) zur Unterstützung des Powermanagements. Dieser ermittelt die Beleuchtungsstärke und die Farbtemperatur einer fest definierten Fläche. Die Beleuchtungsstärke wird in der Einheit Lux (Lumen pro Quadratmeter)

angegeben; die Farbtemperatur in Grad Kelvin.

Ein bewölkter Tag erreicht eine Lichtstärke von zirka 1000 Lux, eine normale Bürobeleuchtung erreicht Werte zwischen 300 und 400 Lux und ein abgedunkelter Konferenzraum begnügt sich mit etwa 10 Lux. Die typische Farbtemperatur des Sonnenlichts im Sommer beträgt ungefähr 5500 Grad Kelvin, eine 200-Watt-Glühlampe kommt auf einen Wert von zirka 3300 Grad Kelvin und ein Kerzenlicht auf etwa 1500 Grad Kelvin.



ALS-Kurve: Das Beispiel zeigt eine Fünf-Punkte-ALS-Response-Kurve eines Ambient-Light-Sensors.

Die vom ALS ermittelten Werte über die Beleuchtungsstärke leitet ACPI an Funktionen des Betriebssystems, um die Helligkeit eines Displays optimal und energiesparend an die Umgebungsbedingungen anzupassen. Dagegen werden Farbtemperaturen dazu benutzt, um die Farbanpassung des Displays an eine bestimmte lichtabhängige Umgebung vorzunehmen.

Jedes Display und auch der Lichtsensor besitzen bestimmte lichtspezifische Eigenschaften, die durch eine so genannte Referenz- oder Kalibrierkurve (Response) beschrieben werden. Die Anwender, beziehungsweise eine entsprechende Funktion des Betriebssystems, können auf dieser Kurve mehrere ALS-Punkte für unterschiedliche Anwendungsorte festlegen, um so eine gleich bleibende Display-Qualität bei vergleichbaren Umgebungsbedingungen zu erhalten.

› Fazit und Ausblick

Wie der Trend der vergangenen Jahre zeigt, benötigen die Rechensysteme immer mehr elektrische Energie und erzeugen somit immer mehr Wärme. Dies verursacht nicht nur enorme Kosten, sondern verringert auch die Lebensdauer der Komponenten. Mit Hilfe von ACPI will man dieser Entwicklung entgegenwirken. Es beinhaltet ein effektives und intelligentes Powermanagement, das alle wichtigen Baugruppen eines Rechners mit einbezieht.

Die seit September 2004 verabschiedete ACPI-Spezifikation 3.0 erweitert die Unterstützung auf mehr als 256 Prozessoren und berücksichtigt auch neue Technologien wie PCI-Express und SATA sowie lichtempfindliche Umgebungs- und Benutzer-Anwesenheits-Sensoren. Die Energieverwaltung der Prozessoren wurde überarbeitet. Zusätzlich integrierten die Entwickler die Energiekontrolle in Abhängigkeit von der Energieaufnahme mehrerer Prozessoren in Verbindung mit der Performance und der CPU-Throttling-Zustände.

Die Nutzung der ACPI-Funktionen setzt eine entsprechende Unterstützung in der Hardware, im BIOS und in den Treibern sowie in den eingesetzten Betriebssystemen voraus. Je genauer sich dabei die Hersteller an die Vorgaben der Spezifikationen halten, desto reibungsloser arbeiten diese Komponenten zusammen. Zurzeit bieten die ACPI-Spezifikationen Support inklusive Entwicklungs-Tools für Windows-, Linux- und Unix-basierende Betriebssysteme. Allerdings bieten die Betriebssysteme momentan noch keinen vollständigen ACPI-Support. Die aktuellen ACPI-3.0-Vorgaben und Erweiterungen will Microsoft erst mit Einführung von Longhorn umsetzen. (hal)

Strom sparen bei der Server-Hardware

› Ein Server verbraucht im Laufe seiner Betriebszeit eine Unmenge an elektrischer Energie. Die anfallenden Stromkosten summieren sich zu einem stattlichen Betrag. Wir erläutern praxisnah, wo Sie auch beim Server umweltbewusst Energie sparen können.

VON Bernhard Haluschak (17.01.2007, Update: 25.06.2008)

Server sind als Schnittstelle zwischen der digitalen Welt und dem Anwender unverzichtbar. Um dem rasant wachsenden Datenverkehr gerecht zu werden, unterhalten Unternehmen riesige Server-Anlagen. Mit den stetig steigenden Energiekosten verstärkt sich immer mehr die Notwendigkeit, in diesem Bereich Einsparmöglichkeiten vorzunehmen.

Doch nicht nur Großunternehmen, sondern auch zunehmend kleine Firmen achten beim Betrieb von Servern auf den Stromverbrauch. Denn laut einer Studie von Gartner verbraucht ein Standard-Server in seinem 4-jährigen Lebenszyklus 1350 bis 2000 Euro an Stromkosten. Damit erreichen die Energiekosten nahezu den Anschaffungspreis des Servers.

Der folgende Artikel beschreibt praxisnah anhand eines Tower- und eines Rack-Servers, welche Hardwarekomponenten wie viel Strom verbrauchen und wo Einsparpotenzial vorhanden ist. Darüber hinaus geben wir konkrete Tipps, wie der Anwender unter Berücksichtigung der veränderten Systemeigenschaften den Energiekonsum bei seinem Server reduzieren kann.

› Details zum Tower-Server Platinum 3200 I M6 von Maxdata

Als Testsysteme verwenden wir exemplarisch den Tower-Server Platinum 3200 I M6 von Maxdata und den Rack-Server Calleo 501 von transtec.

Das Maxdata-System ist mit zwei Xeon-Prozessoren vom Typ X5355 und insgesamt 16 GByte Speicher bestückt, verteilt auf acht PC2-5300-FB-DIMM-Module von Samsung. Als Unterbau kommt das Intel-Mainboard S5000PSL mit dem 5000P-Chipsatz zum Einsatz.



Versuchskandidat: Als Testobjekt für unseren Praxistest kommt der Maxdata-Server Platinum 3200 I

M6 zum Einsatz.

Als Storage-Subsystem besitzt der Server einen SAS-RAID-Controller-5085BR SAS/SATA 4+4-Port von ICP, der sechs 73-GByte-SAS-Festplatten, Modell MAX3073RC von Fujitsu, im RAID-5-Verbund ansteuert. Zusätzlich verfügt das Gerät über ein 3,5-Zoll-DVD-ROM-Laufwerk SH-D162 von TSST.

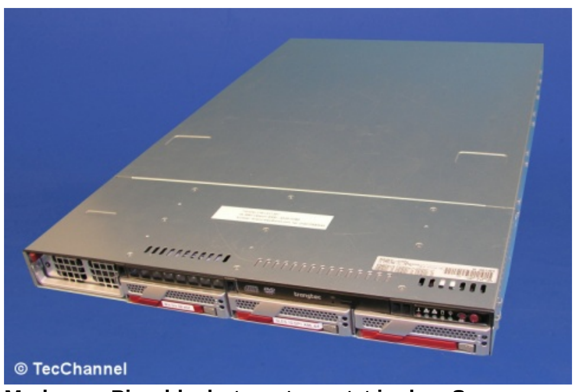


Server-Innereien: Der Maxdata-Server Platinum 3200 I M6 ist mit umfangreichen Komponenten bestückt. Einige Bauteile des Systems wie Lüfter oder Netzteil sind redundant ausgelegt.

Die Stromversorgung und das Kühlungssystem sind redundant ausgelegt. So liefern zwei 830-Watt-Netzteile, Typ DPS-830AB von Delta Electronics, die nötige elektrische Energie für den Server. Für die Kühlung des Geräts sind zwei paarweise angeordnete 160-mm- und 120-mm-Lüfter zuständig, die zudem hotplug-fähig sind.

› Details zum Rack-Server Calleo 501 von transtec

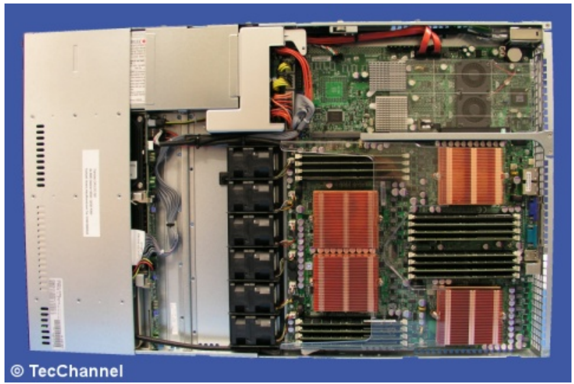
Den Rack-Server Calleo 501 konzipierte transtec speziell für den Einsatz in Großunternehmen. Die nötige Rechenleistung bezieht das System aus vier Quad-Core-Opteron-Prozessoren des Typs 8356 (2,3 GHz), einschließlich nForce-MCP55-Pro-Chipsatz und 32 GByte Hauptspeicher. Die 16 PC2-5200-FB-DIMM-Module mit je 2 GByte Kapazität arbeiten mit 667 MHz effektiver Taktfrequenz. Für eine hohe Datenintegrität des Speichers sorgen die Sicherheits-Features ECC (http://www.tecchannel.de/server/hardware/402181/) und Spare Memory (http://www.tecchannel.de/server/hardware/402181/) des Speicher-Controllers.



Modernes Pizzablech: transtec setzt in dem Server Calleo 501 vier Quad-Core-Opteron-CPUs ein.

Für die Erweiterbarkeit mit Steckkarten stellt der Server einen PCI-Express-x16-Slot und eine HyperTransport-Schnittstelle zur Verfügung. Die Verbindung in ein Netzwerk übernehmen zwei Onboard-Gigabit-Ethernet-Controller des MCP55-Pro-Chipsatzes. Als zusätzliche Anschlüsse neben Maus und Tastatur bietet der Calleo 501 zwei USB-2.0-Ports, eine serielle Schnittstelle für Remote Access sowie

einen VGA-Steckeranschluss. Die Grafikausgabe übernimmt ein Onboard-Grafikprozessor des Typs ES1000 von ATI. Interfaces an der Vorderseite sind nicht vorhanden.



Power-Server: Der transtec-Server bietet alles, was ein High-Performance-Server benötigt.

Das Storage-Subsystem des Test-Servers besteht aus zwei Hotplug-fähigen SATA-Festplatten mit einer Kapazität von je 150 GByte. Dabei arbeiten die Laufwerke als zwei unabhängige HDDs. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, das System mit einer weiteren Festplatte aufzurüsten. Die Verwaltung der zwei WD-1500AFFD-HDDS übernimmt der 6-Port-Onboard-RAID-Controller des Chipsatzes. Als Laufwerke für Wechselmedien steht ein DVD-ROM-Gerät in Slimline-Ausführung bereit. Das optische Laufwerk steuert der integrierte ATA100-Controller des Chipsatzes. Zusätzlich steht auf dem Mainboard ein Floppy-Port zur Verfügung.

Die Stromquelle des Servers besteht aus nur einem Netzteilmodul. Die Komponente des Typs PWD-1K01-1R des Herstellers Supermicro liefert eine elektrische Leistung von 1000 Watt. Gekühlt wird das Netzteil mit zwei integrierten 40-mm-Lüftern.

Für die Kühlung des Rechners sind sechs paarweise angeordnete 40-mm-Lüfter des Typs Nidec UltraFlo R40W12BS5AC-55 verantwortlich. Die Hotplug-fähigen Lüfter besitzen eine maximale Stromaufnahme von 0,8 Ampere bei einer Versorgungsspannung von 12 Volt.

› Testverfahren

Die Leistungsmessung führen wir mit einem Leistungsmesser, Typ M-4660M von Voltcraft, durch. Gemessen wird die Gesamtleistungsaufnahme des Servers im Leerlauf und Lastmodus. Im Leerlauf befindet sich der Server im „Ruhezustand“, nur der Windows-Server-2003- beziehungsweise Windows 2008-Server-x64-Desktop ist sichtbar.

Unter Last werden permanent Programmdateien auf dem Storage-System kopiert. Zusätzlich läuft im Hintergrund der SunGuard-ACR-Benchmark, der multithreaded arbeitet und die Quad-Core-Prozessoren nahezu 100 Prozent belastet.

SunGards Adaptiv Credit Risk 2.5 ist ein Analysetool für den Finanzbereich. Basierend auf modifizierten Monte-Carlo-Simulationen berechnet das Programm den künftigen Wert einer Anlage auf Basis vorhandener Marktdaten.

› Strom sparen beim Speicher

Mit wenig Aufwand lässt sich durch den Tausch von Speichermodulen bei unseren Testsystemen Energie sparen. Der Tower-Server ist mit acht 2-GByte-FB-DIMM-PC2-5300-Modulen bestückt. Jedes Modul verbraucht laut Datenblatt maximal 10,4 Watt elektrische Leistung. Das ergibt in der Theorie eine maximale Leistungsaufnahme von 83,2 Watt.



Nichts geht mehr: Unser Test-Tower-Server ist mit acht FB-DIMM-Modulen bestückt. Die Gesamtspeicherkapazität beträgt 16 GByte.

Bei Verwendung von 4-GByte-FB-DIMM-Modulen und gleicher Speichermenge benötigt der Server für seinen Hauptspeicher eine elektrische Leistung von höchstens 44,4 Watt. Das bedeutet eine Ersparnis von 38,8 Watt und entspricht zirka 47 Prozent oder 5,0 Euro pro Monat (Preis pro KWh: 0,18 Euro, Monat: 30 Tage). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Speichermodule mit höherer Speicherkapazität etwas teurer als die entsprechenden Module mit geringerer Kapazität sind.

Maximale Leistungsaufnahme von FB-DIMM-Speichermodulen (Quelle: Samsung)				
Module	**512 MByte (Wh)**	**1 GByte (Wh)**	**2 GByte (Wh)**	**4 GByte (Wh)**
PC2-4200	7,4	7,9	9,3	10,3
PC2-5300	8,2	8,8	10,4	11,1

Die gleichen Überlegungen wie bei den FB-DIMM-Modulen gelten auch für die DDR2-SDRAM-Speichermodule des transtec-Rack-Servers, wie die folgende Tabelle verdeutlicht. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass DDR2-SDRAM-Module nicht so viel elektrische Leistung benötigen wie die FB-DIMM-Pendants.

Maximale Leistungsaufnahme von DDR2-SDRAM-DIMMs (Quelle: Qimonda)			
Module	**512 MByte, 1 Rank (Wh)**	**1 GByte, 2 Rank (Wh)**	**2 GByte, 2 Rank (Wh)**
PC2-4200-444	3,0	3,4	5,8
PC2-5300-555	3,2	3,7	6,2
PC2-6400-555	3,5	4,1	6,7

Verzichtet man auf speicherrelevante Sicherheitsaspekte wie Memory Mirroring (http://www.tecchannel.de/link.cfm?type=article&pk=402181) oder Spare Memory (http://www.tecchannel.de/link.cfm?type=article&pk=402181) , so können die Energiekosten des Systems ebenfalls gemindert werden. Allerdings sollte der Anwender prüfen, ob die dadurch geminderte Ausfallsicherheit des Servers den Arbeitsprozess beeinträchtigen könnte.



Speicherfrage: Je nach Anzahl und Kapazität der einzelnen DIMM-Module lässt sich entsprechend viel elektrische Energie sparen.

In einem Praxistest haben wir die Theorie überprüft und die Leistungsaufnahme unserer Server-Systeme im Leerlauf und unter Last mit 8 und 4 beziehungsweise 16 und 8 Speichermodulen gemessen. Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über die Resultate und die damit verbundene Energiekostenersparnis.

Energiekostenersparnis beim Maxdata-Tower-Server durch hochkapazitive Speichermodule				
Server-Last	**Elektrische Leistung, 8x 2-GByte-FB-DIMM (Wh)**	**Elektrische Leistung, 4x 4-GByte-FB-DIMM (Wh)**	**Differenz (Wh)**	**Kostenersparnis (Euro pro Monat)**
Server-Leerlauf	350	317	33	4,3
Server-Last	496	453	43	5,6

(Preis pro KWh: 0,18 Euro, Monat: 30 Tage)

Energiekostenersparnis beim transtec-Rack-Server durch unterschiedliche Speichermenge				
Server-Last	**Elektrische Leistung, 16x 2-GByte-DDR2-SDRAM-D (Wh)**	**Elektrische Leistung, 8x 2-GByte-DDR2-SDRAM-D (Wh)**	**Differenz (Wh)**	**Kostenersparnis (Euro pro Monat)**
Server-Leerlauf	302	286	16	2,9
Server-Last	554	534	20	3,6

(Preis pro KWh: 0,18 Euro, Monat: 30 Tage)

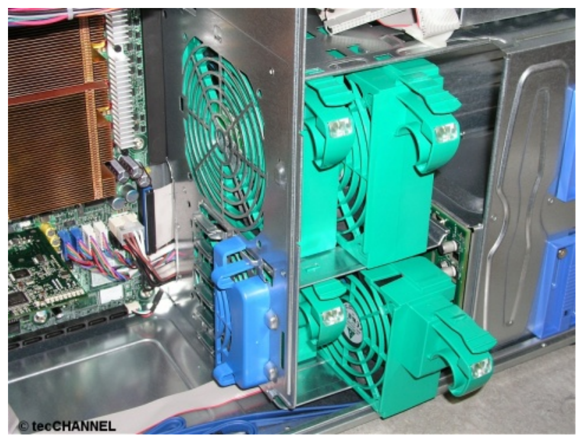
› Analyse des Lüftungskonzepts

Der Tower-Server ist mit zwei paarweise angeordneten temperaturgeregelten 12-Volt-Lüftern ausgestattet. Die 160-mm-Version nimmt maximal 3,3 Ampere an Strom auf, das entspricht 39,6 Watt. Die kleinere 120-mm-Variante begnügt sich mit 1,5 Ampere, das ergibt eine elektrische Leistung von 18 Watt. Insgesamt beträgt die theoretische Leistungsaufnahme des Kühlungssystems maximal 115,2 Watt.



Lüfterfrage: Der Server-Hersteller setzt zur Kühlung des Systems zwei unterschiedliche Lüfter mit entsprechendem Luftdurchsatz und Stromverbrauch ein. Beide aktive Kühler sind zudem redundant vorhanden.

Die Dimensionierung des Lüftersystems hängt von der verwendeten Hardware und vom Gehäuse ab. Diese Arbeit übernimmt der Hersteller, und der Anwender hat nur wenig Einfluss auf das eingesetzte Kühlsystem. Es ist in der Regel für den „Worst Case" ausgelegt und somit für den maximalen Ausbau des Servers konzipiert. Da das Lüftersystem temperaturabhängig arbeitet, sollte es immer eine optimale Kühlung bieten.



Cool: In unserem Tower-Test-Server sorgen vier Lüfter für eine ausreichende Kühlung der Komponenten.

Bei redundanten Kühlungskonzepten – wie bei unserem Tower-Testsystem – muss zusätzlich gewährleistet sein, dass bei Ausfall eines Lüfters die übrigen Lüfter den Server ausreichend kühlen. Dabei gilt es zu beachten, dass je schneller ein Lüfter dreht (bessere Kühlung), der Stromverbrauch steigt. Ein weiterer negativer Nebeneffekt ist die steigende Lärmbelästigung. Den defekten Lüfter sollte der Anwender aus Gründen der Ausfallsicherheit und des höheren elektrischen Leistungsverbrauchs schnellstmöglich austauschen.

Die folgende Tabelle zeigt, wie ein Lüfterausfall unseren Tower-Server hinsichtlich der Leistungsaufnahme der übrigen Lüfter beeinflusst.

Leistungsaufnahme des Maxdata-Tower-Servers bei unterschiedlichen Lüfterausfällen					
Server-Last	**Elektrische Gesamtleistung (Wh)**	**Ausfall 160-mm-Lüfter (Wh)**	**Ausfall 120-mm-Lüfter (Wh)**	**Differenz bei Ausfall, 160 mm / 120 mm (Wh)**	**Kosten des Ausfalls, 160 mm / 120 mm (Euro pro Monat)**
Server-Leerlauf	350	373	401	23 / 51	3,0 / 6,6
Server-Last	496	519	542	23 / 46	3,0 / 6,0

(Preis pro KWh: 0,18 Euro, Monat: 30 Tage)

Der Rack-Test-Server besitzt sechs paarweise montierte 12-Volt-Lüfter. Die 40-mm-Aggregate haben eine maximale Stromaufnahme von je 0,8 Ampere, das entspricht 9,6 Watt. Somit beträgt die theoretische Leistungsaufnahme des gesamten Kühlungssystems maximal 57,6 Watt.



Luftzug: Im transtec-Server sorgen insgesamt sechs Lüfteraggregate für eine ausreichende Belüftung der Komponenten.

Die folgende Tabelle zeigt, wie die Anzahl der Lüfter unseres Rack-Servers die Leistungsaufnahme des Gesamtsystems beeinflusst.

Leistungsaufnahme des transtec-Rack-Servers bei unterschiedlichen Lüfterkonfigurationen					
Server-Last	**Elektrische Gesamtleistung, 6x Lüfter (Wh)**	**Elektrische Gesamtleistung, 5x Lüfter (Wh)**	**Elektrische Gesamtleistung, 4x Lüfter (Wh)**	**Differenz, 5x Lüfter / 4x Lüfter (Wh)**	**Kostenersparnis, 5x Lüfter / 4x Lüfter (Euro pro Monat)**
Server-Leerlauf	302	294	285	8 / 17	1,4 / 3,1
Server-Last	554	543	533	11 / 21	2,0 / 3,8

(Preis pro KWh: 0,18 Euro, Monat: 30 Tage)

› Sparsame Stromversorgung

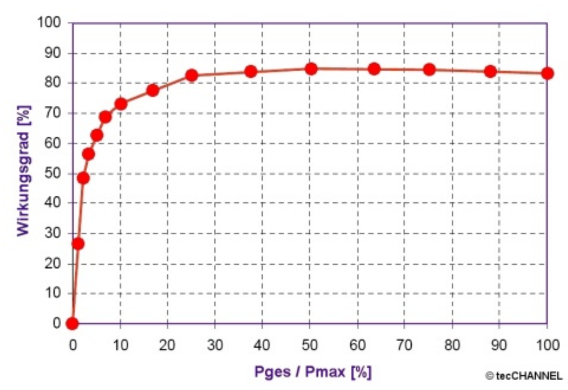
Neben den Lüftern ist auch die Stromversorgung des Maxdata-Tower-Servers redundant ausgelegt und besteht aus zwei 830-Watt-Schaltnetzteilen. Diese arbeiten parallel, so dass die elektrische Leistung gleichmäßig auf beide Geräte verteilt wird. Fällt ein Netzteil durch einen Defekt aus, übernimmt das andere die gesamte Stromversorgung des Systems. Dagegen arbeitet der 1U-Rack-Server von transtec mit nur einem 1000-Watt-Netzteilmodul. Fällt die Stromversorgung durch einen Defekt aus, arbeitet der Server nicht mehr.



Server-Netzteil: Als Gleichstromversorgung kommen in Rechensystemen Schaltnetzteile zum Einsatz. Diese wandeln abhängig von der Herstellungsqualität einen Teil der elektrischen Energie in nutzlose Verlustwärme um.

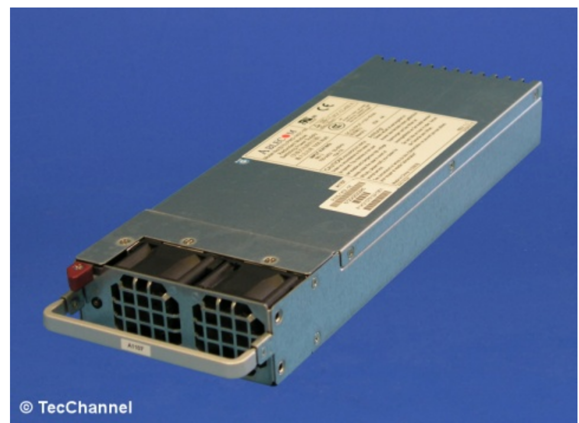
Ein wichtiger Parameter bei Schaltnetzteilen ist der Wirkungsgrad. Dieser liegt bei den gängigen Modellen zwischen 60 und 80 Prozent. Somit vergeudet das Netzteil rund ein Fünftel der eingesetzten Energie als nutzlose Wärme. Nimmt zum Beispiel ein Rechnersystem an der Steckdose eine elektrische Leistung von

500 Watt auf, so entfallen bei einem Wirkungsgrad von 80 Prozent allein 100 Watt auf das Netzteil. Die restlichen 400 Watt stehen den Rechnerkomponenten als Nutzenergie zur Verfügung.



Netzteilverluste: Das Diagramm zeigt die Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Gesamtausgangsleistung im Verhältnis zur maximalen Eingangsleistung bei unterschiedlichen Belastungen.

Die in unserem Tower-Server-System von Maxdata verwendeten 830-Watt-Netzteile liefert der taiwanische Hersteller Delta Electronics. Diese haben unter Volllast einen Wirkungsgrad von etwa 80 Prozent. Unter der Annahme, dass der Wirkungsgrad sich zwischen 30 und 100 Prozent der Gesamtausgangsleistung nicht ändert, ergibt sich zwischen einer Leistungsaufnahme von 250 bis 830 Watt ein elektrischer Verlust von 20 Prozent oder 50 bis 166 Watt.



Server-Energiequelle: Im Rack-Server von transtec versorgt nur ein Netzteil die Komponenten mit Energie.

Die nachfolgende Tabelle verdeutlicht, dass durch ineffektive Netzteile Kosten entstehen, indem Abwärme an die Umgebung abgegeben wird. Deshalb sollte der Anwender in Rechnern besonders Netzteile mit einem Wirkungsgrad größer 85 Prozent verwenden. Redundante Netzteile verursachen nahezu keine höheren Kosten durch Verluste gegenüber einem Einzelnetzteil. Hier müssen nur der Anschaffungspreis und die erhöhte Ausfallsicherheit des Systems ins Kalkül einfließen.

Die Stromversorgung des Maxdata-Tower-Servers im Detail				
Server-Last	**Elektrische Leistung (Wh)**	**Wirkungsgrad bei 20 Prozent (Wh)**	**Verlustleistung (Wh)**	**Kosten der Verlustleistung (Euro pro Monat)**
Server-Leerlauf, zwei Netzteile	350	280	70	9,1

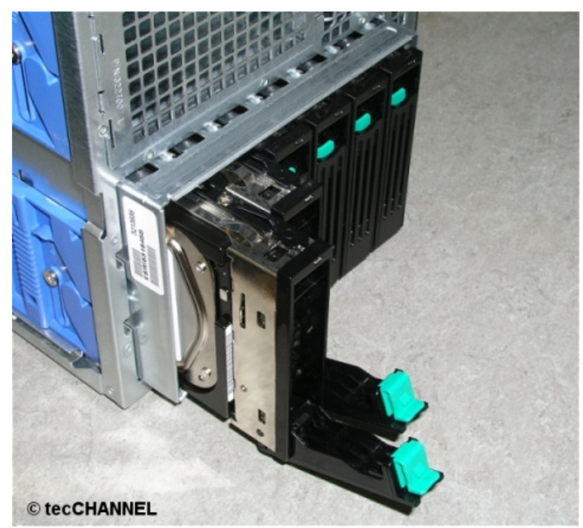
Server-Leerlauf, ein Netzteil	332	266	66	8,6
Server-Last, zwei Netzteile	496	397	99	12,8
Server-Last, ein Netzteil	485	388	97	12,6

(Preis pro KWh: 0,18 Euro, Monat: 30 Tage)

› Energieeffizientes Storage-System

Auch im Bereich des Storage-Systems können durch entsprechende Konfiguration des Servers im Vorfeld unnötige Energiekosten eingespart werden. Je nach erforderlicher Speicherkapazität und Performance sollte der Anwender die Anzahl der Festplatten im System so gering wie möglich halten.

In unserem Test-Server sind sechs Festplatten des Typs MAX3073C von Fujitsu als RAID-5-System verbaut. Laut Datenblatt konsumiert eine Festplatte im Leerlauf durchschnittlich 11,5 Watt an elektrischer Leistung. Bei sechs Laufwerken ergibt das eine Gesamtleistungsaufnahme von 69 Watt.



Festplatten satt: Jede unnötige Festplatte in einem Server verursacht Energiekosten, die sich im Laufe der Jahre summieren.

Diese theoretische Annahme bestätigt unser Praxistest. Nach Herausnehmen einer Festplatte aus dem RAID-5-Verbund sinkt die Leistungsaufnahme des Servers im Leerlauf von 350 auf zirka 339 Watt, unter Last von 496 auf etwa 483 Watt. Jede eingesparte Festplatte mit etwa 11 Watt Leistungsaufnahme reduziert die Energiekosten um 1,4 Euro pro Monat (Preis pro KWh: 0,18 Euro, Monat: 30 Tage).

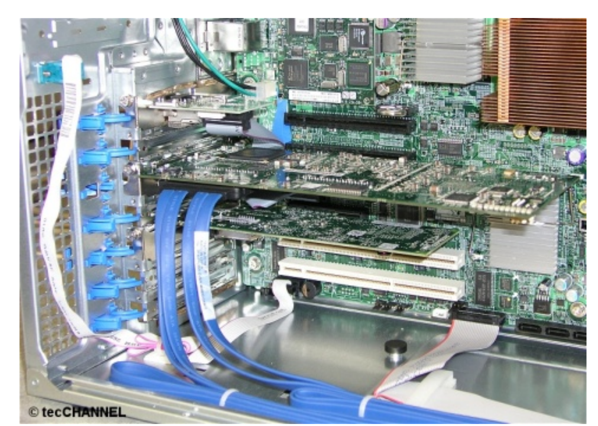


Nutzlos: CD/DVD-ROM-Laufwerke werden in einem Server so selten benutzt, dass sie eigentlich überflüssig sind.

In Servern werden nicht selten noch Floppy- oder CD/DVD-ROM-Laufwerke mitgeordert. Für die Erstinstallation des Systems sicher notwendig, aber überflüssig. Eine mobile USB-Lösung in Form eines Laufwerks oder Speicher-Sticks wäre eine bessere und energieeffizientere Lösung. In unseren Testsystemen sank die elektrische Leistungsaufnahme ohne 3,5-Zoll- beziehungsweise Slimline-DVD-ROM-Laufwerk um circa sechs beziehungsweise zwei Watt. Das ergibt eine Kostenersparnis von 0,8 / 0,3 Euro pro Monat.

› Server entrümpeln

Oft fristen Controller oder Steckkarten ihr Dasein über Jahre in einem Server, ohne dass sie je benutzt werden. Dies gilt auch für alte Backup-Laufwerke, die nicht mehr verwendet werden. Diese Komponenten sollte der Anwender aus den Servern entfernen, da sie nur unnötig Strom verbrauchen.



Überflüssig: Oft schlummern in einem Server Steckkarten und Controller, die nie zum Einsatz gekommen sind, und verbrauchen unnötig Strom.

Unser Test-Server von Maxdata besitzt eine optische Netzwerkkarte, die bedingt durch die noch fehlende Netzwerk-Infrastruktur nicht zum Einsatz kommt. Diese Steckkarte verbraucht etwa neun Watt an elektrischer Leistung. Daraus resultieren Stromkosten in Höhe von 1,2 Euro pro Monat (Preis pro KWh: 0,18 Euro, Monat: 30 Tage).

Einen interessanten Aspekt des Energiesparens zeigen wir anhand des Rack-Servers von transtec. In diesem System arbeiten insgesamt vier Quad-Core-Opteron-CPUs des Typs 8356 mit einem TDP-Wert von je 75 Watt. Welchen Einfluss die Anzahl der Prozessoren auf den Energieverbrauch des Gesamtsystems haben, können Sie aus der nachfolgenden Tabelle entnehmen.

Leistungsaufnahme des Rack-Servers bei unterschiedlicher CPU-Bestückung				
Server-Last	**Elektrische Gesamtleistung, 4x CPU (Wh)**	**Elektrische Gesamtleistung, 3x CPU (Wh)**	**Elektrische Gesamtleistung, 2x CPU (Wh)**	**Elektrische Gesamtleistung, 1x CPU (Wh)**
Server-Leerlauf	302	258	219	180
Server-Last	554	452	351	247

› Fazit

Seit die Energiekosten von Jahr zu Jahr enorm steigen und die IT-Budgets knapper kalkuliert werden, rücken in Unternehmen die Stromkosten immer mehr in den Fokus. Dieses Thema ist sowohl für kleine Firmen mit nur einem Server als auch für große Unternehmen mit eigenem Rechenzentrum interessant – auch in Hinblick auf ein steigendes Umweltbewusstsein.

Unser Beitrag zeigt exemplarisch, dass sich in einem modernen Server mit geringem Aufwand durchaus einige Watt an elektrischer Energie einsparen lassen. Das Einsparpotenzial reicht von einigen Cent bis zu mehreren Euro pro Monat und Komponente. In der Summe und über das ganze Jahr hinweg gerechnet, können so durchaus mehr als hundert Euro pro Server-System zusammenkommen.

Wichtig ist es, sich bereits vor dem Kauf Gedanken über die Energiekosten zu machen und bei der Anschaffung eines neuen Servers auf energiesparende Ausstattung zu achten.

In einem nachfolgenden und aktualisierten Artikel (http://www.tecchannel.de/server/windows/460087/) werden wir den Einfluss der CPU-Stromsparoptionen, des Energiemanagements des Betriebssystems und entsprechender Softwaretools auf den Stromverbrauch untersuchen.(hal)

Server-Management: Cool on Demand

› Die Hersteller reagieren auf die aktuelle Energiesparsamkeit mit neuen Techniken und Services, auch Anwender können davon profitieren. Mit Hilfe von Software lässt sich der Energieverbrauch im Rechenzentrum kontrollieren und gewissermaßen steuern.

VON Klaus Gottschalk (01.08.2007)

Strom sparen, so lautet der neue Trend im Rechenzentrum. Seinen Ursprung hat er einerseits darin, dass die Rechner immer schneller werden und damit in der Stromrechnung immer deutlicher zu Buche schlagen; auch die gesellschaftliche Diskussion rund um die Klimaerwärmung hat Einfluss auf das neue Bewusstsein im Rechenzentrum genommen.

Der nach wie vor ungebremste Bedarf nach mehr Prozessorleistung führt dazu, dass immer mehr Prozessoren in einen Chip und damit in die Systeme eingebaut werden. War etwa ein Datenbanksystem bislang für acht CPUs vorgesehen, benötigt die nächste Version bereits 16 und verbraucht entsprechend mehr Strom - ein Trend, der sich unweigerlich auch in Zukunft fortsetzen wird. Neue Spartechnologien waren und sind daher dringend notwendig.

› Prozessoren und Stromsteuerungs-Technologien

Zum Beispiel arbeiten neue Prozessoren heute mit Stromsteuerungstechnologien, die dafür sorgen, dass Teile im Prozessor, die zeitweise nicht genutzt werden - etwa Speichermanager oder Fließkommaarithmetik - abgeschaltet werden. Dadurch bleibt der Verbrauch eines Prozessors konstant, auch wenn sich die Taktraten insgesamt erhöhen.

So rechnet zum Beispiel der neue POWER6-Prozessor mit einer Taktrate von bis zu 4,7 Gigahertz mehr als doppelt so schnell, wie sein Vorgänger mit "nur" 2,2 Gigahertz, benötigt dafür aber nicht mehr Strom - und dies, obwohl sich nach den Regeln der Physik der Stromverbrauch eines Prozessors vervierfacht, wenn sich die Taktrate verdoppelt.



Effizient: Der System p-Server mit POWER6-Chip verdoppelt seine Geschwindigkeit ohne zusätzlichen Stromverbrauch gegenüber dem Vorgänger. (Quelle: IBM)

Ebenso kann ein moderner Prozessor seine Taktrate automatisch an den momentanen Rechenbedarf anpassen. Viele Systeme müssen nur 10 bis 20 Prozent ihrer Arbeitszeit volle Kraft geben; für die übrigen Jobs genügt auch eine geringere Taktrate, wodurch die Prozessoren auch weniger Strom verbrauchen.

Das gleiche Prinzip wird bei Kühlsystemen genutzt: Da zum Beispiel die Lüfter viel Energie benötigen, sorgen Steuerungssysteme dafür, dass auch deren Leistung an die Kühl-Bedürfnisse der Systeme angepasst werden. Wenn die Systeme gerade sehr beansprucht werden, dann legen auch die Ventilatoren einen Zahn zu und schalten herunter, wenn die Prozessoren weniger zu tun haben - das Prinzip kennt man

bereits vom Laptop.

› Energieeffizienz durch Virtualisierung

Ein anderer Weg zu mehr Energieeffizienz führt über die Serverkonsolidierung. Die Schlüsseltechnik für die Konsolidierung ist die Virtualisierung der Server, bei der man flexibel logischen Partitionen bestimmte Server-Pools zuweist. Dadurch lässt sich verblüffend viel Strom sparen:

Denn wenn Server so zusammengefasst sind, dass man deren Rechenleistung flexibel auf verschiedene Anwendungen verteilen kann, dann muss man weniger Maschinen bei "laufendem Motor" für die Spitzenzeiten vorrätig halten. Dies ist aber der Fall, wenn jeder Anwendung ein Server zugeschrieben wird und dessen Spitzenleistung nur einmal für einen kurzen Zeitraum zu 80 Prozent abgerufen wird, er die meiste Zeit aber für seine Verhältnisse viel zu wenig zu tun hat, trotzdem aber Strom frisst.

Wenn man aber zum Beispiel zehn Rechner mit 20-prozentiger Auslastung zu nur noch zwei Rechnern zusammenlegt, die aber dann zu 90 Prozent ausgelastet sind, spart man natürlich auch Strom. Denn vom Stromverbrauch her unterscheiden sich die unterschiedlich ausgelasteten Server nicht wesentlich. Die zwei Server leisten also im Prinzip das selbe, wie die zehn, benötigen insgesamt aber nur ein Fünftel an Strom.

Verlässt man die Systemebene und wirft einen Blick ins Rechenzentrum, wird deutlich, zu was für einem Kostenfaktor der Strom für die IT werden kann: Wenn eine mittelgroße Serverfarm 500 Kilowatt an Strom verbraucht, dann beträgt die jährliche Stromrechnung dafür bei einem Preis von 13 - 15 Cent pro Kilowattstunde schon über eine halbe Millionen Euro. Wenn man also den Strombedarf etwa um "nur" 10 Prozent senken kann, dann wirkt sich dies bereits stark auf die Gesamtrechnung aus.

› Moderne Klimaanlagen sind Pflicht

Um Stromkosten zu sparen, kommen verschiedene Techniken zum Einsatz, auch solche, die nicht direkt mit den Rechnern zu tun haben, wie etwa die Klimatechnik. Denn in der Regel verbrauchen die Klimaanlagen noch einmal etwa 50 Prozent der Strommenge, die für die Rechenleistung benötigt wird.

Bei einem halben Megawatt für die Server kämen also unter Umständen noch mal 200 bis 250 Kilowatt für die Kühlung hinzu. In der Regel sind dabei Klimaanlagen, die mehr als zehn Jahre auf den Rotoren haben, nicht effizient genug für die heutigen Ansprüche. So liegt die Effizienz solcher Anlagen meist bei etwa 50 Prozent, moderne Anlagen können bis zu 90 Prozent aufweisen. Bei diesem Unterschied mach sich die Investition in eine neue Anlage bereits nach einem, maximal zwei Jahren bezahlt.

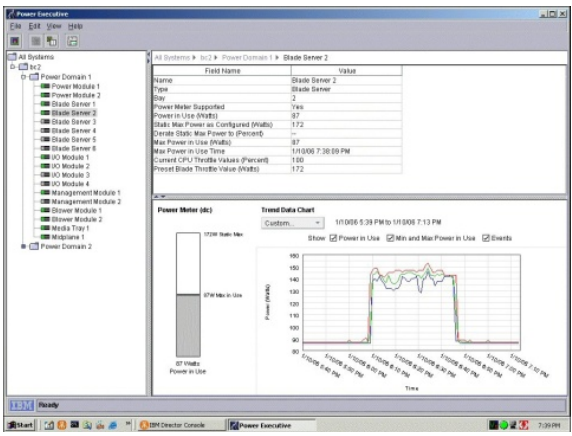


Prima Klima: Moderne Server-Räume benötigen leistungsstarke Klimaanlagen, um die erzeugte Wärme sicher abzuführen. (Quelle: IBM)

Die meisten Klimaanlagen arbeiten mit Luftkühlung. Aber auch die Wasserkühlung, die vor zehn Jahren en vogue war, hat Vorteile, da Wasser die Wärme besser leitet. Dadurch kann die Wärme besser und damit energiesparender abtransportiert werden, als über die Luft.

› Stromverbrauch regeln und recyceln

Außerdem lässt sich die Wärme besser nutzen, wenn sie im Wasser gebunden ist. Denn der Gedanke liegt ja nahe, dass man die Abwärme der Rechner durchaus wiederverwenden könnte. In einigen wenigen großen Rechenzentren wird dies bereits getan, etwa indem die Wärme für die Heizung des Gebäudes mitgenutzt wird.



Steuerzentrale: Mit Hilfe von Software lässt sich der Energieverbrauch im Rechenzentrum kontrollieren und gewissermaßen steuern.

Mittlerweile gibt es auch Software, mit der sich der Stromverbrauch im Rechenzentrum von außen steuern lässt. Wenn zum Beispiel ein Unternehmen nicht über 100 Kilowatt Stromverbrauch kommen will, dann lässt sich über diese Software der Verbrauch der Systeme im Raum so regulieren, dass man sich stets unterhalb dieses Limits bewegt. Auch andere Stromsparziele lassen sich so einhalten.

Vorgänge, die viel Strom verbrauchen, können so zum Beispiel auch in die Nacht verlegt werden, falls der Strom dann billiger ist.

› Energieberater gesucht

Für den IT-Berater bieten die ernüchternden Energiebilanzen aus den Rechenzentren Anlass, seinen Kunden den Nutzen neuer, energieeffizienterer Systeme vorzustellen. Das Thema bietet dabei viele Ansätze, um zusammen mit dem Kunden Grundlegendes neu zu bedenken und eine Kaufentscheidung für neue energiesparende Systeme zu fördern. Zusätzliche Chancen ergeben sich, wenn er sein Portfolio um entsprechende Klimaprodukte erweitert.

Weitere Möglichkeiten bieten sich ihm durch den Aufbau von Beratungskompetenzen in Sachen Energiesparen. Durch Service- und Beratungsangebot kann sich ein IT-Berater hier Alleinstellungsmerkmale verschaffen. Wenn er seinem Kunden aufzeigen kann, wie viel er durch den Austausch seiner 20 Jahre alten Klimaanlage in ein paar Jahren unterm Strich einsparen kann, dann erwirbt er sich sowohl Vertrauen in seine Kompetenz, und schafft sich gleichzeitig neue Verkaufsmöglichkeiten.

Für den Hausbau boomt das Geschäft mit der Energieberatung bereits, es sollte nicht überraschen, wenn sich in naher Zukunft auch in der IT-Abteilung der Beratungsbedarf enorm erhöhen wird. Gerade den breiten Mittelstand können die großen Hersteller, die solche Beratungen bereits bieten, nicht alleine bedienen und brauchen kompetente Partner in Sachen Green IT.

› Fazit und Ausblick

Energiemanagement auf allen Ebenen, neue Techniken und viel Beratung sind die Mittel und Wege, mit denen man dem wachsenden Energiebedarf der IT heute entgegensteuert. Doch der Stromverbrauch wird weiter steigen - und mit ihm der Bedarf nach noch mehr Ideen für saubere Rechenzentren. (hal)

Diesen Beitrag haben wir von unserer Schwesterpublikation ChannelPartner (http://www.channelpartner.de/) , der Fachzeitschrift für den IT-Handel, übernommen.